

明細書 JAP20 Rec'd F07WPTO 20 JAN 2006

## スライダ及びそれを用いた磁気ディスク装置

## 5 技術の分野

本発明は、スライダおよびデータ記録ディスク装置に関し、詳細にはスライダを回転型アクチュエータにより支持したデータ記録ディスク装置に適した空気潤滑面の形状を有するスライダおよびスライダを用いたデータ記録ディスク装置に関する。ここで、「データ記録ディスク装置」には、データの記録または再生のいずれか一方の機能を有する装置、および両方の機能を有する装置を含む。

## 背景技術

近年、磁気ディスク装置のデータ記録密度の向上は著しく、その記録密度の増加は年率 100%ともいわれている。この著しいデータ記録密度の増加により、磁気ディスク装置のデータ記録容量は飛躍的に向上している。データ記録容量の増加は磁気ディスク装置の小型化を促し、カメラ、ファクシミリ、携帯電話、モデム、ポケットベル、ハンドヘルド計算装置、プリンタ、コピー機などの様々な電子装置の半導体メモリに代わる費用効果の高いものも実用的になってきている。

磁気ディスク装置のアクチュエータ・アームは、その先端にスライダが取り付けられており、その中に読み取り書き込み磁気ヘッドを内蔵している。一般的に、磁気ヘッドはスライダのディスクに対向する空気潤滑面の空気流出端近傍に配設される。ディスクの回転

にともなって発生する空気流を空気潤滑面とディスク表面の間に引き込み、それによってスライダはディスクから浮上している。こうしてスライダは、回転するディスク上を浮動する。その浮動高度は、空気潤滑膜の厚さであり、すなわちディスク表面とスライダとの距離である。  
5

このように、スライダのディスクに対向する面は空気潤滑面をなし、スライダとディスク記憶面との間の自己加圧式の空気潤滑膜を形成し、かつこれを維持している。この膜によって、ディスク回転中にスライダとディスクが機械的に接触しにくくなり、摩擦および摩耗が抑制されている。  
10

磁気ディスク装置では、記録密度の増加にともない、記録再生を行う際のスライダのディスクに対する浮上量は小さくなる傾向にある。この浮上量の低下は、スライダの空気潤滑面を複数の高さの異なる略平面で形成し、スライダとディスクとの隙間が小さくなるよう<sup>(1)</sup>に高く形成された略平面で正圧を発生し、スライダとディスクとの隙間が大きくなるように低く形成された略平面で負圧を発生し、<sup>(2)</sup>正圧と負圧とをバランスして浮上するいわゆる負圧利用型スライダによって達成される。かかる負圧利用型スライダは既に開示されている（例えば、JP 1505878 B、JP 2778518 B、JP 2803639 Bを参照）。  
15  
20

今日の磁気ディスク装置は、速いアクセス速度を得るためにレコードプレーヤのトーンアームに似た回転型アクチュエータを備えている。回転型アクチュエータを使用していることにより、スライダとディスクとの摺動およびスライダ下の空気流はもはや一方向的ではなくなり、スライダの縦軸に関してさまざまな角度に広がってい  
25

る。加えて、アクセス中のアクチュエータの高速な探索動作が、スライダとディスクとの間の摺動方向およびスライダ下を流れる空気流の方向が縦軸に対して傾く原因となっている。したがって、近年の回転型アクチュエータ・磁気ディスク装置においては、摺動方向は、もはやスライダの前方から後方への縦軸方向、あるいはわずかにそれから逸れる程度とは考えられない。

スライダの縦軸に対するディスクの摺動方向の角度は、スキー角と呼ばれる。摺動方向が、スライダの外側の端または外にあたるようにアクチュエータ・アームが位置しているときは、スキー角は正である。スライダの内側の端またはハブにあたるようにアクチュエータ・アームが位置しているときは、スキー角は負である。

データアクセスを行う際、スライダはディスク内周からディスク外周までの範囲で移動するが、この場合、スライダの浮上量および浮上姿勢は変動する。これは、回転型アクチュエータ・磁気ディスク装置においては、ディスクの半径位置によってスライダとディスクとの相対速度のみならずスキー角もあわせて変動するために、空気潤滑面に生じる空気の圧力分布が変動するためである。このようなスライダの浮上量変動は、磁気ヘッドの電磁変換効率を悪化させる。このため、高記録密度が要求される磁気ディスク装置においては、ディスク内周から外周に渡って磁気ヘッド位置での浮上量が均一であることが要求され、スライダの低浮上量化にともない、浮上量変動に対する要求はますます厳しくなっている。

また、スライダの浮上姿勢の変動は、前述の磁気ヘッド位置において一定浮上が求められるスライダにおいては、最小浮上量位置での浮上量低下を招きスライダとディスクとが接触し、いわゆるヘッ

ドクラッシュを誘発する恐れがあるため、スライダは安定した浮上姿勢を維持する必要がある。

図20に空気潤滑面30の一例を示す。空気潤滑面30は、スライダの下面に固定され、ディスクに対向している。空気潤滑面30の形状は、型成形、エッチング、レーザ切削加工、イオン粉碎加工、汎用の機械加工、あるいは他の種々の方法によって形成される。空気潤滑面30は上段面31、中段面32、下段面33の3段階の互いに略平行な、平坦面で構成されている。図20において上段面31は白抜きで示し、中段面32は間隔があらいハッチングで示し、下段面33は間隔が密なハッチングで示している。ヘッド99は通常空気流出端42近傍の上段面31に搭載されている。このように空気潤滑面は、ディスク半径位置変化（相対速度変化）、スキー角変化にともなうヘッド99位置での浮上量変動の抑制ならびに、浮上姿勢の維持のために、幾何学的に複雑な形状に形成されている。

このように空気潤滑面形状が複雑になっている背景として、近年の空気潤滑面は図20に示したように、空気潤滑面30の空気流入端41側に形成されている中段面32が空気流入端41まで延出しているため、米国特許によって開示されている（例えば、U.S. 4,673,996 B, U.S. 5,404,256 B, U.S. 5,936,800 B, 参照）テーカー作用が減少し、空気潤滑面30に流入する空気流入量が抑制されていることが挙げられる。このようにテーカー作用が減少するにもかかわらず中段面32を空気流入端41まで延出させているのは、スライダの基板材料となるウエハの厚みばらつきによる浮上量の変化を抑制するためである。ウエハの厚みばらつきは+/- 20 μm程度存在するため、テーカー効果を得るために空気流

入端 4 1 部に下段面 3 3 を形成すると、このウエハ厚み（スライダを形成した際の空気流入端 4 1 から空気流出端 4 2 の長さ）のばらつきによって、空気流入端 4 1 部に形成される下段面 3 3 の長さがばらつくことで空気流入量が大きく変化し、スライダの浮上量が大きくばらつくこととなる（例えば、JP 2001-325707 A を参照）。図 2 1 は、JP 2001-325707 A に示されている基板厚みのばらつきと浮上用ばらつきの関係図の引用である。図 2 1 は、◆印で空気流入端 4 1 部に下段面 3 3 が形成されたスライダの浮上量、■印で空気流入端 4 1 部に下段面 3 3 が形成されていないスライダの浮上量を示している。図 2 1 から、空気流入端 4 1 部に下段面 3 3 が形成されていないスライダの浮上量ばらつきは、空気流入端 4 1 部に下段面 3 3 が形成されている場合に比べ大きく改善していることが分かる。つまり今日の空気潤滑面は、テーパー作用が抑制されたために悪化するスライダの浮上特性を、複雑な空気潤滑面形状を形成することで向上させ、結果として加工ばらつきを抑制し、かつ浮上特性を満足したスライダを提供している。

一般に、空気潤滑面の形状は、スライダの浮上量ならびに浮上姿勢の解析が行える専用の数値解析ソルバを用いて、繰り返し計算を行うことで決定されている。空気潤滑面形状は、磁気ディスク装置の設計が変更されるたびに、その磁気ディスク装置のディスク回転速度、スキュ一角、浮上量に応じて設計を変更する必要がある。

このタイプの作業は時間がかかり、設計者には流体力学的知識とスライダ設計に関する熟練が必要とされる。近年では、記録密度の向上が著しく、磁気ディスク装置のモデルサイクルは短くなっている。それにともない、スライダ空気潤滑面の設計サイクルも短くな

り、設計者への負担の増加が深刻な問題となっている。

また、現在開発が進められている例えば直径 27 mm、20 mm 等の小径ディスクを用いた磁気ディスク装置は、例えば直径 95 mm あるいは 65 mm のディスクを用いた従来の磁気ディスク装置と 5 比べ、ディスク径が大きく異なる。さらに小径ディスクを用いた磁気ディスク装置は携帯型機器に搭載されることも多く、消費電力、騒音の観点からスピンドルモータの回転数を小さくしたものが実用されている。このことによりスライダとディスクとの相対速度が従来に比べ大きく異なるため、従来設計で蓄積したスライダ設計手法 10 では、スライダ浮上量の安定あるいは空気膜剛性の確保といった所望の特性が得られないことも、設計者の負担増加の原因となっている。加えて、携帯型機器は高地での使用を想定することも非常に重要であり、気圧変化に対してスライダ浮上量の変化が小さいことが求められる。小型ディスクを用いた場合に、気圧変化特性を確保す 15 ることは、従来型より利用できる空気量が少ないため非常に困難である。

さらに、現在導入されつつある、フェムト型スライダといった空気潤滑面面積の小さいスライダにおいても、空気潤滑面に流入する空気量が少ないため、気圧変化特性を含め、スライダの浮上特性を 20 確保することが困難となる。

## 発明の開示

本発明はこのような不都合に鑑みて創案されたものであって、空気潤滑面を所定の方法で形成することにより、加工ばらつきを抑制 25 したままで、空気流入量を増大させることを可能とし、スライダの

浮上特性、特に気圧感度を抑制したスライダの提供を目的としている。

本発明に係るスライダは、このような目的を達成するため、ディスクとの間で記録または再生を行うヘッドと、前記ディスクに対向する面に前記ディスクの回転による空気流によってディスク媒体から浮上するための複数の高さの異なる略平面で形成された空気潤滑面 30Aとを有し、前記空気潤滑面 30Aには空気流の流入側から空気流入面 38、圧力発生面 36、負圧発生凹部 37が形成されている負圧利用型スライダにおいて、前記空気流入面 38に前記空気流入面 38よりも低い高さの溝構成面 45が、前記空気流入面のディスク内周端 43側からディスク外周端 44側まで形成されていることを特徴としている。

この発明によれば、スライダの加工ばらつきによる浮上量変化を抑制しつつ、気圧変化に対し浮上量変化の小さいスライダを設計できるという優れた効果が得られる。

以上のように本発明は、溝構成面を所定の形状に形成することで、スライダ／ディスクの相対速度が小さい領域あるいは空気潤滑面の面積が小さいといった、空気流入量を確保することが困難な領域において、空気潤滑面に流入する空気量を確保し、気圧変化特性に優れたスライダを提供できるという優れた効果を有する。

さらに、本発明に係るスライダを使用し磁気ディスク装置を構成した際には、高地での使用信頼性の高い磁気ディスク装置を提供できるという優れた効果を有する。

– 8 –

図 1 は磁気ディスク装置の斜視図、  
図 2 は磁気ディスク装置の断面図、  
図 3 はディスク 2 の中の 1 枚を上から見た平面図、  
図 4 は実施の形態における本発明に係る空気潤滑面 30 A の形状  
5 を示す図、  
図 5 は空気潤滑面 30 A との比較を示すための従来の空気潤滑面  
30 B の形状を示す図、  
図 6 は空気潤滑面 30 A と空気潤滑面 30 B の気圧変化特性の比  
較図、  
10 図 7 は本発明の実施の形態における本発明に係る空気潤滑面 30  
C の形状を示す図、  
図 8 は本発明の実施の形態における本発明に係る空気潤滑面 30  
D の形状を示す図、  
図 9 は空気潤滑面 30 C、空気潤滑面 30 D および空気潤滑面 3  
15 0 B の気圧変化特性の比較図、  
図 10 は気圧変化特性の相対速度依存性を示す図、  
図 11 は空気潤滑面 30 E の形状を示す図、  
図 12 は空気潤滑面 30 F の形状を示す図、  
図 13 は空気潤滑面 30 G の形状を示す図、  
20 図 14 は空気潤滑面 30 H の形状を示す図、  
図 15 は空気潤滑面面積と気圧変化特性の関係図、  
図 16 は空気潤滑面 30 I の形状を示す図、  
図 17 は空気潤滑面 30 J の形状を示す図、  
図 18 は空気潤滑面 30 K の形状を示す図、  
25 図 19 は空気潤滑面 30 L の形状を示す図、

図 2 0 は従来の空気潤滑面 3 0 の形状を示す図、

図 2 1 はスライダ長さばらつきに依存した浮上量変化を示す図、

図 2 2 は空気潤滑面 3 0 A と空気潤滑面 3 0 B のスライダ長さばらつきと浮上量変化量の比較図、

5 図 2 3 は溝構成面の幅と気圧変化特性の関係を示す図、

図 2 4 はODでの溝構成面の幅と気圧変化特性の関係を示す図、

図 2 5 は空気潤滑面 3 0 A を示すスライダ 3 の斜視図、

図 2 6 は負圧発生凹部 3 7 を示すスライダ 3 の斜視図である。

10 発明を実施するための最良の形態

本発明の請求項 1 に係るスライダは、ディスクとの間で記録または再生を行うヘッドと、前記ディスクに対向する面に前記ディスクの回転による空気流によってディスク媒体から浮上するための複数の高さの異なる略平面で形成された空気潤滑面 3 0 A とを有し、前記空気潤滑面 3 0 A には空気流の流入側から空気流入面 3 8 、圧力発生面 3 6 、負圧発生凹部 3 7 が形成されている負圧利用型スライ

15 ダにおいて、前記空気流入面 3 8 に前記空気流入面 3 8 よりも低い高さの溝構成面 4 5 が、前記空気流入面のディスク内周端 4 3 側からディスク外周端 4 4 側まで形成されていることを特徴とする。

20 本発明の請求項 2 に係るスライダは、ディスクとの間で記録または再生を行うヘッドと、前記ディスクに対向する面に前記ディスクの回転による空気流によってディスク媒体から浮上するための複数の高さの異なる略平面で形成された空気潤滑面 3 0 A とを有し、前記空気潤滑面 3 0 A には空気流の流入側から空気流入面 3 8 、圧力発生面 3 6 、負圧発生凹部 3 7 が形成されている負圧利用型スライ

25

ダにおいて、前記空気流入面 3 8 に前記空気流入面 3 8 よりも低い高さの溝構成面 4 5 が前記空気流入面のディスク内周端 4 3 側からディスク外周端 4 4 側に向けて形成されていることを特徴とする。

本発明の請求項 3 に係るスライダは、ディスクとの間で記録または再生を行うヘッドと、前記ディスクに対向する面上に前記ディスクの回転による空気流によってディスク媒体から浮上するための複数の高さの異なる略平面で形成された空気潤滑面 3 0 A とを有し、前記空気潤滑面 3 0 A には空気流の流入側から空気流入面 3 8 、圧力発生面 3 6 、負圧発生凹部 3 7 が形成されている負圧利用型スライダにおいて、前記空気流入面 3 8 に前記空気流入面 3 8 よりも低い高さの溝構成面 4 5 が前記空気流入面のディスク外周端 4 4 側からディスク内周端 4 3 側に向けて形成されていることを特徴とする。

この構成を採用した際には、スライダの加工ばらつきによる浮上量変化を抑制しつつ、気圧変化に対し浮上量変化の小さいスライダを設計できるという作用が確保される。

以下、本発明を実施するための最良の形態を図面に基づいて説明する。

#### (実施例 1)

図 1 は磁気ディスク装置の内部の斜視図である。図 2 は磁気ディスク装置の断面図である。磁気ディスク装置はハウジングカバー(図示せず)により覆われている。アクチュエータ軸 2 0 に回転可能に取り付けられたアクチュエータ・アーム 5 のそれぞれの先端には、サスペンション 1 4 が取り付けられている。それぞれのサスペンション 1 4 の先端には、磁気変換器あるいは読み取り書き込みヘッド 9 9 (図 1 には図示せず)を運ぶスライダ 3 が取り付けられている。

ハウジング 7 内には主軸 1 が装着されている。主軸 1 には、複数のディスク 2 が回転可能に間隔をあけて取り付けられている。ディスク 2 は、モータ 8 で回転する主軸 1 によって矢印 A で示す方向に回転する。スライダ 3 の中にあって、アクチュエータ・アーム 5 で 5 位置決めされるヘッド 9 9 (図示せず) によって、情報がディスク 2 上に書き込まれあるいはディスク 2 から読み取られる。

ボイスコイルモータ 6 によって、アクチュエータ・アーム 5 に回転力があたえられ、アクチュエータ・アーム 5 がアクチュエータ軸 2 0 の周りを回転する。

10 スライダ 3 とそれに一体化されたヘッド (図示せず) は、データの磁気的表示をディスク 2 上のどのトラックにでも記憶できるようにディスク 2 の表面上を動く。磁気ディスク装置中では、このヘッドの動きは、アクチュエータ軸 2 0 周りの回転によるものである。アクチュエータ・アーム 5 を回転させることで、スライダ 3 及びその中のヘッドは、ディスク 2 の表面上のどのトラックの上にでも位置することができる。

図 3 は、ディスク 2 の中の一枚を上から見た平面図である。磁気ディスク装置の技術としてよく知られているように、それぞれのディスク 2 には、磁気情報が記録される同心状のトラックの列がある。

20 内直径 (I D) 1 1 は、データが記憶される最も内側の同心トラックである。外直径 (O D) 1 2 は、データが記憶される最も外側の同心トラックである。スライダ 3 の縦軸に対するディスク 2 表面の摺動方向はスキー角と呼ばれており、I D 1 1 から O D 1 2 にいたるまでの間で大きく変化する。また、回転アクチュエータ軸 2 0 25 へのアクチュエータ・アーム 5 の取り付け位置に依存する。スキー

- 12 -

一角は、正にも負にもなる。摺動方向がスライダ3の外周側端44にあたるようにアクチュエータ・アーム5が位置している場合には、スキー角は正であるという。摺動方向がスライダ32の内周側端43にあたるようにアクチュエータ・アーム5が位置している場合5には、スキー角は負であるという。図3で中直径(MD)13はスキー角が0度となる位置である。

本実施の形態1においては、回転型アクチュエータのアクチュエータ・アーム5は、OD12においてスキー角が最大となり、ID11において最小となるように設置されている。なおOD12での半径は9.6mm、スキー角は7.4度、ID11での半径は5.0mm、スキー角は-19.5度、MD13での半径は8.0mmである。

図25、図26に本実施の形態におけるスライダ3の空気潤滑面30Aを含んでなるスライダ3の斜視図、図4に本実施の形態におけるスライダ3の空気潤滑面30Aの形状を示す。図25においてハッチングを施した面が空気潤滑面30Aであり、図26においてハッチングを施した領域が負圧発生凹部37である。スライダ縦軸101方向長さは1.25mm、横軸102方向長さは1mmであり、一般的にピコスライダと呼ばれる大きさで形成してある。空気潤滑面30Aは上段面31、中段面32、下段面33の3段階の互いに略平行な、平坦面で構成されている。図4において、上段面31は白抜きで示し、中段面32は間隔があらいハッチングで示し、下段面33は間隔が密なハッチングで示している。本実施の形態1では、上段面31と中段面32との落差は100nmであり、上段面31と下段面33との落差は550nmである。

空気潤滑面 30A はドライエッティングの手法を用いて、空気流入端 41 側から、空気潤滑面 30A に空気流を引き込むための中段面 32 よりなる空気流入面 38、空気流により正圧を発生する上段面 31 よりなる圧力発生面であるクロスレール 36、空気流により負圧を発生する下段面 33 よりなる負圧発生凹部 37 がクロスレール 36 で囲まれる形で形成されている。これはいわゆる負圧利用型スライダである。また空気流出端 42 に正圧を発生しヘッド 99 を支持するための、上段面 31 よりなる圧力発生面、空気流出端パッド 35 が形成されている。空気流入面 38 は、スライダ縦軸 101 方向の空気潤滑面 30A の長さばらつきに依存した浮上量変化を抑制するため、空気流入端 41 まで延出して形成している。

さらに空気流入面 38 には、本発明に係る溝構成面 45 がディスク内周端 43 からディスク外周端 44 まで下段面 33 によって設けられている。なお溝構成面 45 の幅は 80 μm である。

図 5 は、従来の空気潤滑面 30B の形状を示したもので、空気潤滑面 30B は溝構成面 45 が設けられていないことを除けば、その他の構成は空気潤滑面 30A と同様である。

以下、本発明に係る空気潤滑面 30A と従来の空気潤滑面 30B との気圧変化特性を比較することで、本発明の優位性を明らかにする。

図 6 はスライダ浮上量におよぼす気圧変化の影響を、空気潤滑面 30A と空気潤滑面 30B の場合について示している。気圧変化特性は磁気ディスク装置を高地で使用した場合のスライダ浮上量の変化を表すもので、一般的に、海拔 0 m (1 気圧) 時のスライダ浮上量に対して海拔 1 万フィート (約 0.7 気圧) でのスライダ浮上量

の割合によって評価する。浮上量減少が大きいと、スライダがディスクと接触してしまいヘッドクラッシュを招く可能性があるため、浮上量減少が小さい、つまり割合が大きいほど気圧変化特性は良く、通常 80 % 以上の特性が求められる。本実施の形態においても、気圧変化特性は 80 % 以上を確保することとした。

図 6 は、横軸にディスク半径位置をとり、ID11 から OD12 までの気圧変化特性を示したものである。図 6 から、●印で示した空気潤滑面 30A が、ID11 から OD12 までのすべての領域において 80 % を大きく上回っているのに対し、■印で示した空気潤滑面 30B は、ID11 から OD12 までのほとんどの領域において 80 % に達していない。この結果は、空気潤滑面 30A が ID11 から OD12 のディスク面全体にわたり、空気潤滑面 30B に対して気圧変化特性が優位であることを瞭然と示している。これは溝構成面 45 を設けたことによって、空気潤滑面 30A に流入する空気量が増加し、気圧変化特性を維持するのに十分な空気が流入しているためであると考えられる。

また、溝構成面 45 は空気潤滑面 30A のその他の上段面 31、中段面 32、下段面 33 の形状構成と同様のプロセス、本実施の形態ではドライエッチングによって形成してあり、かつ空気流入面 38 を空気流入端 41 まで延出して形成してある。このため、空気潤滑面 30A の加工ばらつきに依存した浮上量ばらつきは、従来の空気潤滑面と同程度であり、スライダ縦軸 101 方向長さばらつきによる空気流入量変化および浮上量変化は抑制されている。参考までに溝構成面 45 を含めた空気潤滑面 30A の加工ばらつきを示すと、光学顕微鏡では測定困難な領域にあり、その値は 1 μm 以下である。

図22は空気潤滑面30Aと空気潤滑面30Bのスライダ長さがばらついた場合の浮上量変化を示したものである。スライダ長さの誤差がない場合のMD13での浮上量を100%として示している。

●印が空気潤滑面30Aの結果、■印が空気潤滑面30Bの結果を示している。図22から空気潤滑面30A、空気潤滑面30Bとも、浮上量におけるスライダ長さばらつきの影響は小さく抑制されていることが分かる。また、図22では本発明に係る空気潤滑面30Aのほうが、従来の空気潤滑面30Bよりも浮上量ばらつきは小さいことがわかる。これは、空気潤滑面に流入する空気量は空気流入面38の形状で決定されるわけであるが、空気潤滑面30Bでは、空気流入面38全体に対して長さが変わることが、空気流入量の変化に現れるのに対し、空気潤滑面30Aでは、空気流入量が溝構成面45よりも圧力発生面36側の空気流入面38の長さに依存し、この部分の長さ変化がないためであると推察される。少なくとも、空気潤滑面30Aのスライダ長さばらつきに依存する浮上量ばらつきは空気潤滑面30Bと比べ、同等以上の性能を確保していることが明らかとなった。

要約すると、空気潤滑面30Aは本発明に係る溝構成面45を形成することで、空気流入量のばらつきを何ら悪化させることなく空気潤滑面30Aに流入する空気流入量を増大させることが可能となり、浮上量ばらつきが小さく、かつ気圧変化特性に優れたスライダの提供を可能としている。

図9に、空気潤滑面30Bにディスク内周端43側よりに溝構成面45'を設けた図7に示す空気潤滑面30Cと、ディスク外周端44側よりに溝構成面45''を設けた図8に示す空気潤滑面30

Dの気圧変化特性を空気潤滑面30Bの場合と合わせて示す。図9中、●印が空気潤滑面30Cの結果、○印が空気潤滑面30Dの結果、■印が空気潤滑面30Bの結果を示している。図9から、ディスク内周端側に溝構成面45'を設けた場合には、主にID11よりで顕著な気圧変化特性の改善が現れ、ディスク外周端側に溝構成面45'を設けた場合には、主にOD12よりで顕著な気圧変化特性の改善が現れることが分かる。つまり、気圧変化特性を改善するにあたり、空気潤滑面30Aのようにディスク内周端43からディスク外周端44にわたり、空気流入面38を貫通して溝構成面45を形成することは絶対条件ではなく、「ID11で気圧変化特性が悪い場合には、ディスク内周端側に溝構成面45'を形成する」あるいは、「OD12で気圧変化特性が悪い場合には、ディスク外周端側に溝構成面45'を形成する」といったように、所望の条件に合わせて溝構成面を形成すれば良いことが明らかになった。

図10は、ID11からOD12までのディスク上の4つの位置での気圧変化特性の平均値を、横軸を回転速度およびスライダとディスクとの相対速度として示したものである。4つの位置とは、ID11、OD12、MD13およびID11とMD13との間にある半径6mmの位置である。また相対速度は、MD13の位置での相対速度で示してある。図中●印は溝構成面45が形成されている場合、■印は溝構成面45が形成されていない場合である。各回転速度で使用するスライダ3は、実際には、スライダとディスクとの相対速度が変わると、空気潤滑面に作用する圧力分布が異なるため、相対速度に応じて、空気潤滑面形状を最適化する必要があるが、本実施の形態では、気圧変化特性におよぼす相対速度の影響を把握し

やすくするため、空気潤滑面に大幅な変更を加えることなく、クロスレール36の形成位置と下段面33の深さの最適化のみを行った。なお3600 rpmの結果は前出の空気潤滑面30Aと空気潤滑面30Bの結果である。7200 rpm時に使用した空気潤滑面形状5 30E、30Fを図11、図12に、10800 rpm時に使用した空気潤滑面形状30G、30Hを図13、図14に示す。7200 rpm時の下段面33段差は800 nm、10800 rpm時の下段面33段差は900 nmである。なお参考までに、現在一般的に使用されている直径65 mmディスク、4200 rpm rpm仕様の磁気ディスク装置のMDでの相対速度は、約10 m/s程度であり、本実施の形態における10800 rpm時と相対速度的にはほぼ等しくなる。図10から、溝構成面45のない場合（空気潤滑面30B、30F、30H）では相対速度7 m/s以下の領域では気圧変化特性が80%以下になってしまふことが分かり、一方、溝構成面45のある場合（空気潤滑面30A、30E、30G）では15 7 m/s以下の領域においても気圧変化特性80%以上を十分に確保できていることが分かる。

このように、空気流速が7 m/s以下という比較的遅い領域では、従来の空気潤滑面設計手法に基づいたスライダでは、空気潤滑面に20 流入する空気量を十分確保することが非常に困難であり、本発明に係る溝構成面45を形成することにより、空気流入量を確保し気圧変化特性を確保する必要があることが分かる。

またこの結果は、相対速度が低下することで気圧変化特性が悪化することを如実にしましてい。というのは、7200 rpm、10800 rpmの結果は3600 rpm時との比較を明瞭とするた25

め、空気潤滑面形状に大幅な変更しないという限定を加えているにもかかわらず、3600 rpm時よりは気圧変化特性がよいためである。このことからも空気流入量が比較的少ない領域での気圧変化特性の確保が困難であることが明らかであり、本発明に係る溝構成面45を形成することで、空気流入量を増加させ、気圧変化特性を改善することが可能であることが証明される。

さらに、本結果は、相対速度10 m/s以下の領域においては、溝構成面45を設けることによって気圧変化特性の改善を図ることを示しており、本実施の形態では気圧変化特性80%以上を条件としたが、今後さらに気圧変化特性に改善が求められる場合等において、相対速度10 m/s以下の領域では本発明に係る溝構成面45の形成が有効であることがわかる。

つぎに図15に、空気潤滑面の面積と気圧変化特性の関係を、●印で溝構成面45が形成されている場合、および■印で溝構成面45が形成されていない場合について示す。評価条件として、現在一般的に使用されている直径65 mmのディスクを用いた磁気ディスク装置における相対速度を想定するため、ディスク2の回転速度は10800 rpmとした。また、スライダ3の空気潤滑面の面積として、ピコスライダと呼ばれる1 mm×1.25 mmの1.25平方mmの大きさ、前世代で一般的に用いられていたナノスライダ(1.6×2 mm)の大きさ、および次世代を想定し開発が進められているフェムトスライダ(0.7×0.87 mm)の大きさの3種類の大きさを用いて評価した。ピコスライダの結果は図13、図14に示した空気潤滑面30G、30Hの結果である。フェムトスライダの溝構成面45がある場合の空気潤滑面30Iを図16、溝構成面

45がない場合の空気潤滑面30Jを図17に示す。またナノスライダの溝構成面45がある場合の空気潤滑面30Kを図18、溝構成面45がない場合の空気潤滑面30Lを図19に示す。空気潤滑面30I～30Lの平面形状は、それぞれ空気潤滑面30G、30Hを空気潤滑面面積に応じて拡大、縮小したものであり、下段面33の落差のみ変更を加えている。空気潤滑面30I、30Jの下段面33の落差は600nm、空気潤滑面30K、30Lの下段面33の落差は1200nmである。図15から、溝構成面45が形成されている場合(●印)も、溝構成面45が形成されていない場合(■印)も空気潤滑面の面積が小さくなるほど気圧変化特性は悪化することがわかる。しかし溝構成面45が形成されている場合においては、すべての面積において80%以上の気圧変化特性が確保できているのに対し、溝構成面45が形成されていない場合にはフェムトスライダの面積では気圧変化特性が80%以下となってしまうことがわかる。面積に換算すると、図15から約1平方mm以下の領域では気圧変化特性が80%以下となることがわかる。この現象からも、気圧変化特性を確保するためには、空気潤滑面に流入する空気量を確保することが必要であることが明らかになった。また、この結果から、スライダ3とディスク2との相対速度が現在一般的に使用されている領域においても、従来の空気潤滑面設計手法に基づいたスライダでは、面積が1平方mm以下の領域では気圧変化特性を80%以上確保できなくなってしまっており、本発明に係る溝構成面45を設けて空気流入量を確保し、気圧変化特性を確保する必要があることが明らかとなった。さらに、本実施の形態から、本発明に係る溝構成面45を設けて80%以上の気圧変化特性を確保するには、

スライダの空気潤滑面の面積が0.5平方mm以上であることが望ましいとわかる。

以上、空気潤滑面30A～30Lを用いて、溝構成面を形成することによる気圧変化特性の改善について述べたが、つぎに空気潤滑面に形成する溝構成面45の溝幅と気圧変化特性の関係を図23に示す。

図23において横軸は半径位置であり、縦軸に図4に示した空気潤滑面30Aの溝幅を20um刻みに狭くした場合の気圧変化特性を示している。図23から溝幅の気圧変化特性に及ぼす影響がもつとも大きいのはODであることがわかる。図24は図23の結果のうち溝幅とODでの気圧変化特性の関係に注目し、再掲したものである。図24において横軸は溝幅、縦軸はODにおける気圧変化特性である。図24から気圧変化特性を80%以上確保するためには溝幅を30um以上として形成することが望ましいとわかる。また、本実施の形態のようにドライエッティング等レジストを用いて空気潤滑面を加工する必要がある場合には、レジスト膜厚に依存した空気潤滑面の加工精度の観点からも、溝構成面の幅は30um以上確保することが望ましい。

さらに溝構成面はウエハ厚みに依存したスライダ長ばらつきがあるても、空気流入端に延出しないように、空気流入端から少なくとも20um以上離間して設計されることが望ましい。

また本実施の形態において、溝構成面はスライダ横軸に平行なスリット状に形成したが、スライダ長ばらつきに影響を受けることなく、十分な空気流入量が確保できればよいのであって、スライダ横軸に平行に形成する必要がないことは勿論である。加えて、溝構成

面の形状がスリット状のものに限定されることは言うまでもない。

以上、本発明に係るスライダの実施の形態について述べたが、上述のように構成されたスライダを用いてディスク装置を構成した際には、高地使用に適したディスク装置を提供することが可能となる。

5 さらに本実施の形態では、磁気ディスク装置を想定したものであるが、磁気ディスク装置に限定されることはなく、たとえばヘッドは光ヘッド、ディスク装置は光ディスク装置であっても同様の効果が得られる。

## 10 産業上の利用分野

本発明に係るスライダは、このような目的を達成するため、ディスクとの間で記録または再生を行うヘッドと、前記ディスクに対向する面に前記ディスクの回転による空気流によってディスク媒体から浮上するための複数の高さの異なる略平面で形成された空気潤滑面 30A を有し、前記空気潤滑面 30A には空気流の流入側から空気流入面 38、圧力発生面 36、負圧発生凹部 37 が形成されている負圧利用型スライダにおいて、前記空気流入面 38 に前記空気流入面 38 よりも低い高さの溝構成面 45 が、前記空気流入面のディスク内周端 43 側からディスク外周端 44 側まで形成されていることを特徴としている。この発明によれば、スライダの加工ばらつきによる浮上量変化を抑制しつつ、気圧変化に対し浮上量変化の小さいスライダを設計できるという優れた効果が得られる。

## 請求の範囲

1. ディスクとの間で記録または再生を行うヘッドと、前記ディスクに対向する面に前記ディスクの回転による空気流によってディスク媒体から浮上するための複数の高さの異なる略平面で形成された空気潤滑面とを有し、前記空気潤滑面には空気流の流入側から空気流入面、圧力発生面、負圧発生凹部が形成されている負圧利用型スライダにおいて、

前記空気流入面に前記空気流入面よりも低い高さの溝構成面が、前記空気流入面のディスク内周端側からディスク外周端側まで形成されていることを特徴とするスライダ。

2. ディスクとの間で記録または再生を行うヘッドと、前記ディスクに対向する面に前記ディスクの回転による空気流によってディスク媒体から浮上するための複数の高さの異なる略平面で形成された空気潤滑面とを有し、前記空気潤滑面には空気流の流入側から空気流入面、圧力発生面、負圧発生凹部が形成されている負圧利用型スライダにおいて、

前記空気流入面に前記空気流入面よりも低い高さの溝構成面が前記空気流入面のディスク内周端側からディスク外周端側に向けて形成されていることを特徴とするスライダ。

3. ディスクとの間で記録または再生を行うヘッドと、前記ディスクに対向する面に前記ディスクの回転による空気流によってディスク媒体から浮上するための複数の高さの異なる略平面で形成された空気潤滑面とを有し、前記空気潤滑面には空気流の流入側から空気流入面、圧力発生面、負圧発生凹部が形成されている負圧利用型スライダにおいて、

前記空気流入面に前記空気流入面よりも低い高さの溝構成面が前記空気流入面のディスク外周端側からディスク内周端側に向けて形成されていることを特徴とするスライダ。

4. 空気潤滑面は三段の高さの異なる面で形成されており、その三段の面は最も高い上段面と、最も低い下段面と、上段面より低く下段面より高い中段面であり、前記圧力発生面は上段面、前記空気流入面は中段面、前記圧力発生凹部は下段面であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のスライダ。
5. 前記溝構成面は、前記負圧発生凹部と同一高さに形成したことと特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のスライダ。
6. 前記空気流入面は前記空気流入端まで延出していることを特徴とする請求項 1 記載から請求項 3 のいずれかに記載のスライダ。
7. 前記溝構成面は少なくとも、空気流入端から 20 μm 以上離間していることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のスライダ。
8. 前記溝構成面の幅は少なくとも 30 μm 以上あることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のスライダ。
9. ヘッドは磁気ヘッドであることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のスライダ。
10. 再生側ヘッドは磁気抵抗型素子で形成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のスライダ。
11. 空気潤滑面の面積が 1 平方mm 以下であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のスライダ。
12. 空気潤滑面の面積が 0.5 平方mm 以上であることを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のスライダ。

— 24 —

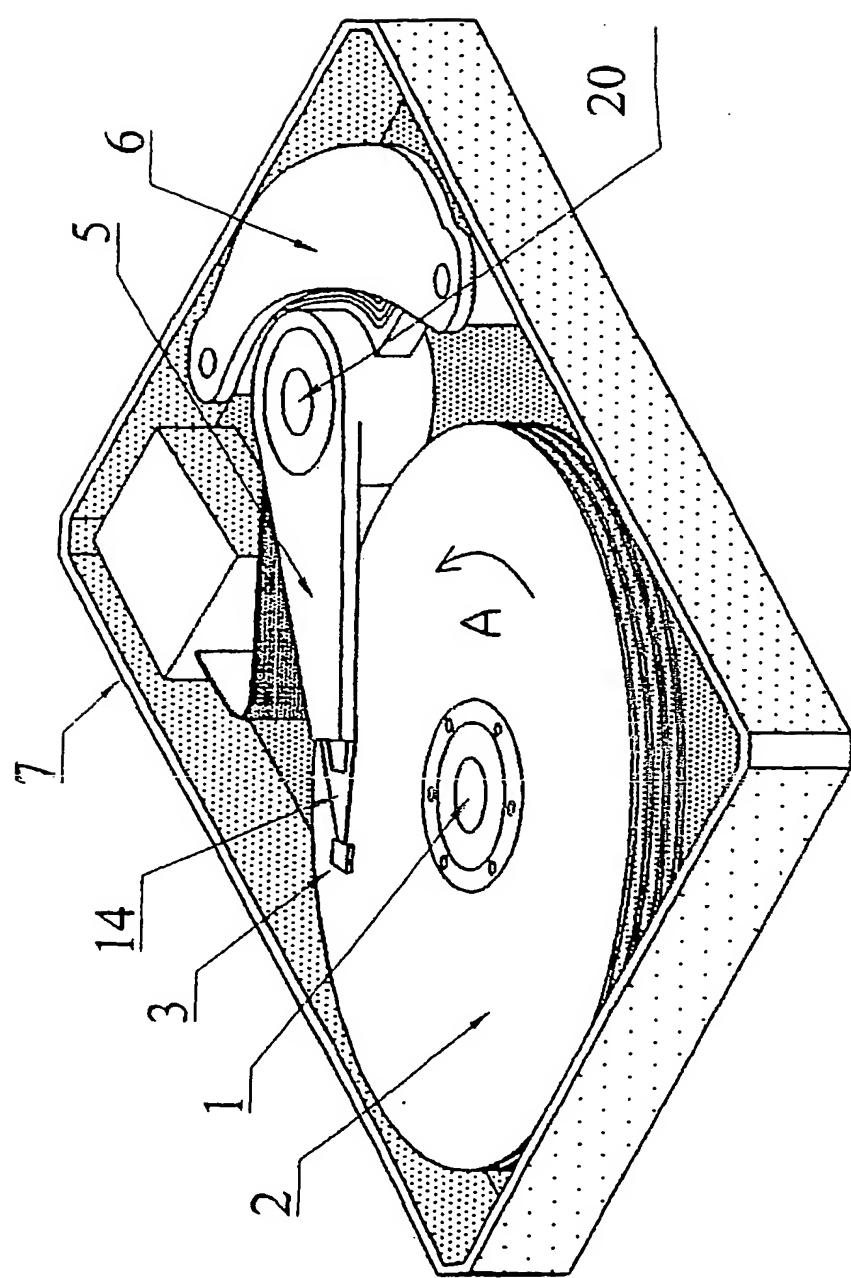
1 3. 請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のスライダを用いたことを特徴とするディスク記録装置。

1 4. スライダとディスクとの相対速度が 10 m/s 以下の領域で記録または再生、あるいはその両方を行うことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のディスク装置。

1 5. スライダとディスクとの相対速度が 7 m/s 以下の領域で記録または再生、あるいはその両方を行うことを特徴とする請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載のディスク装置。 ( )

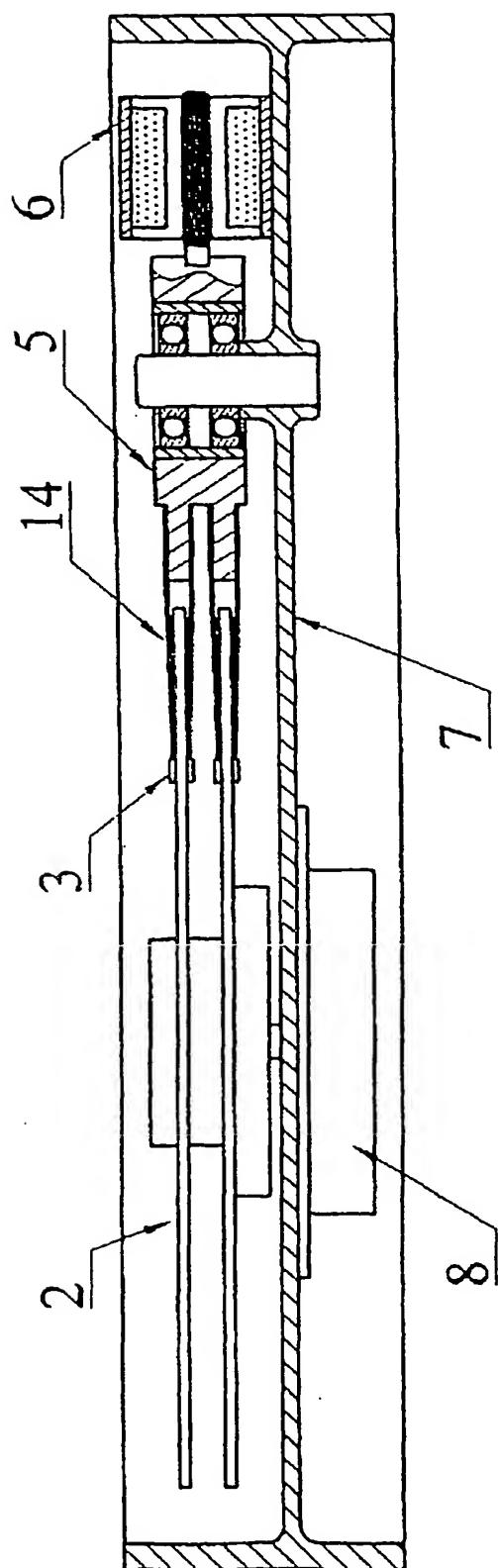
1/26

図 1



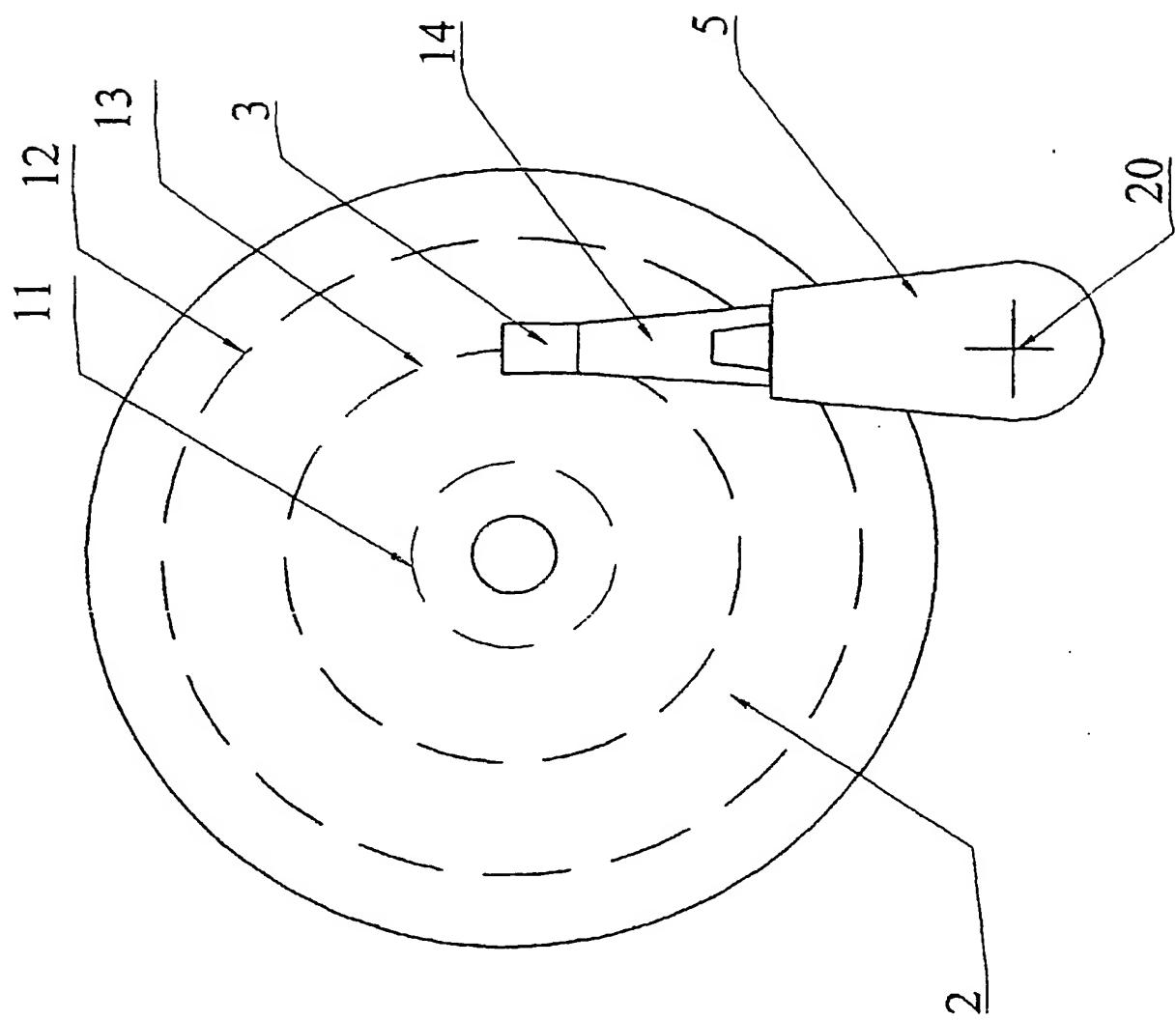
2/26

図 2



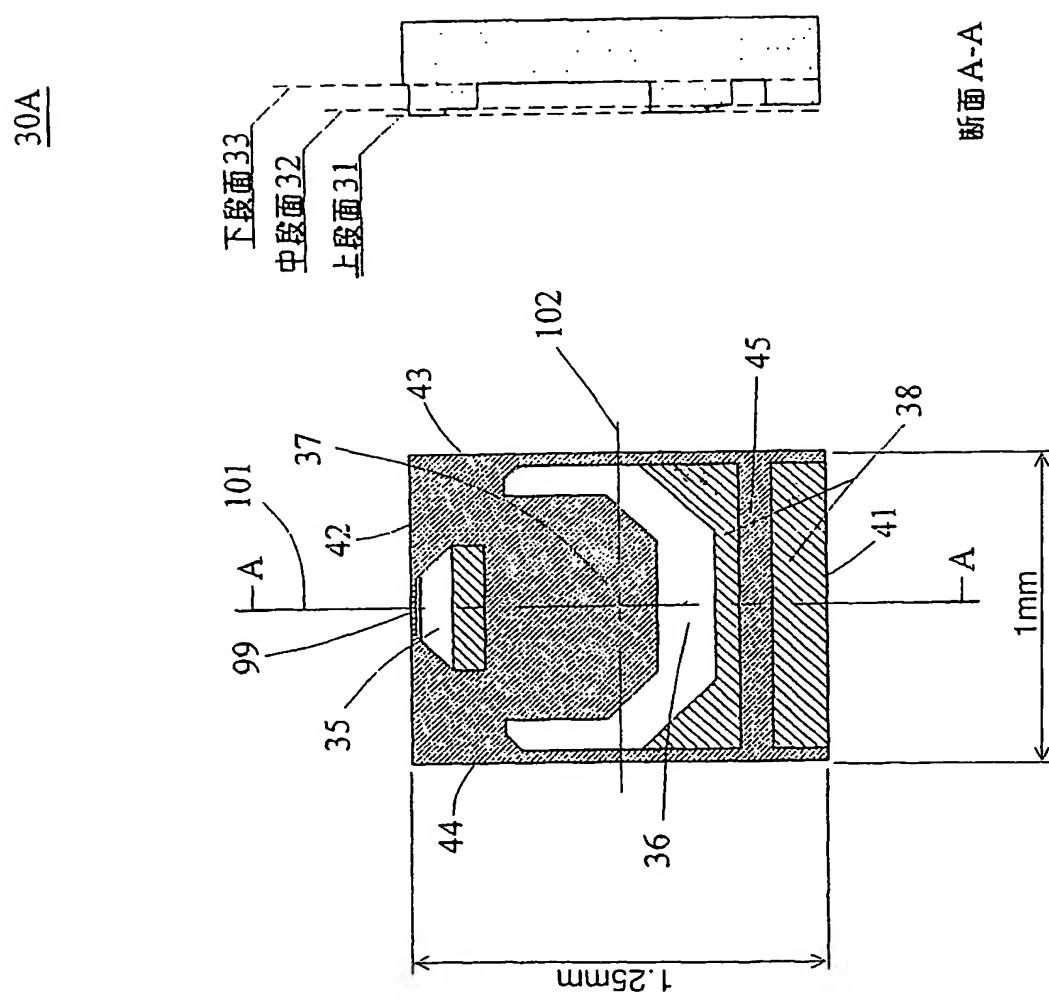
3/26

図 3



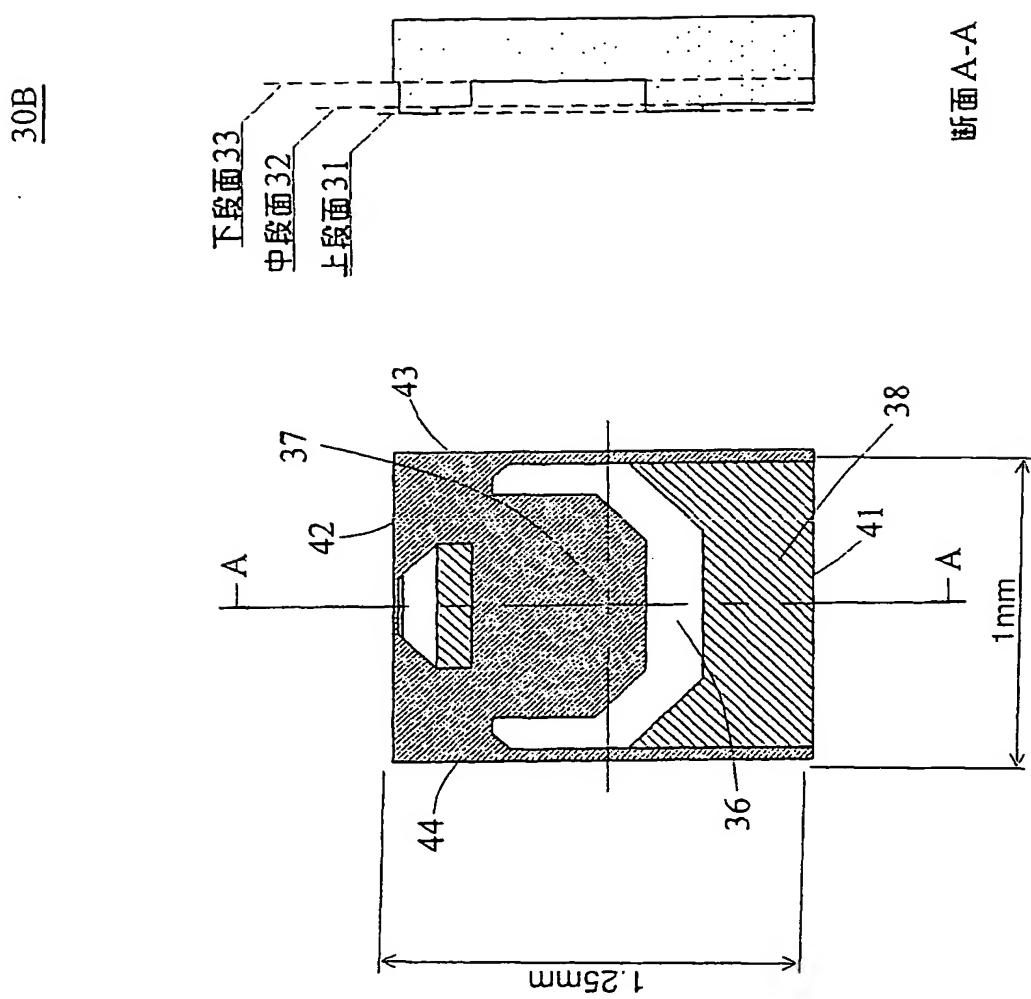
4/26

図 4



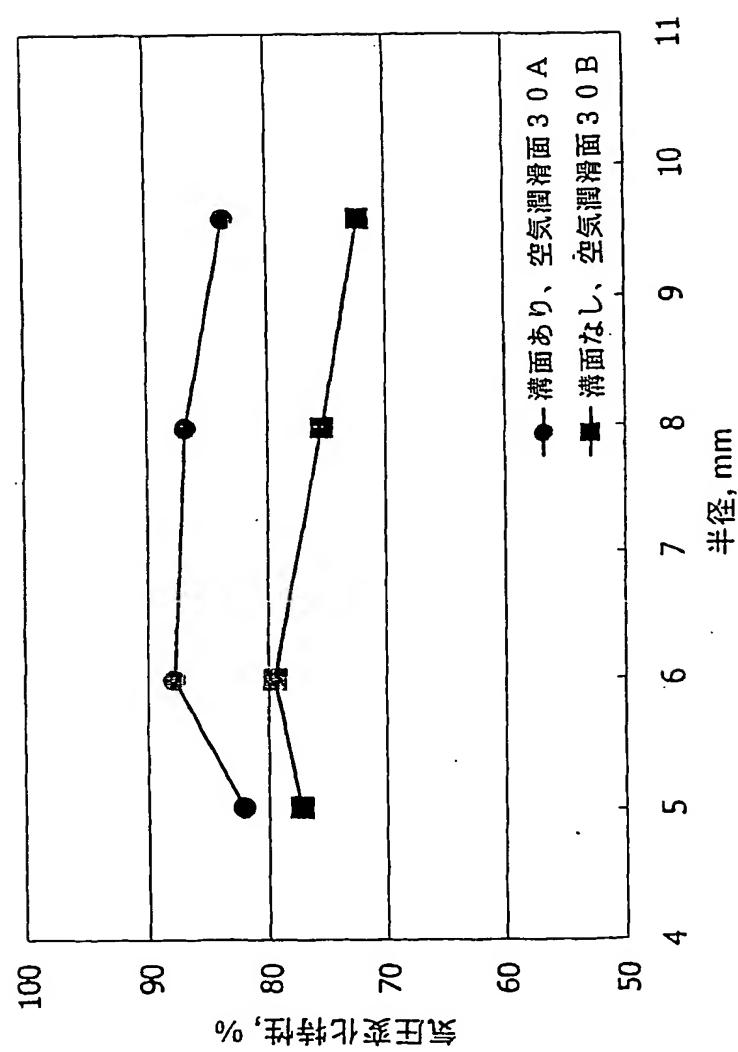
5/26

図 5



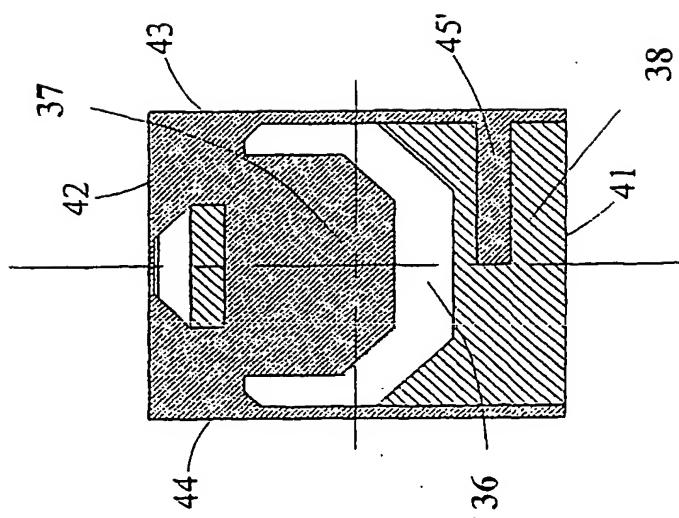
6/26

図 6



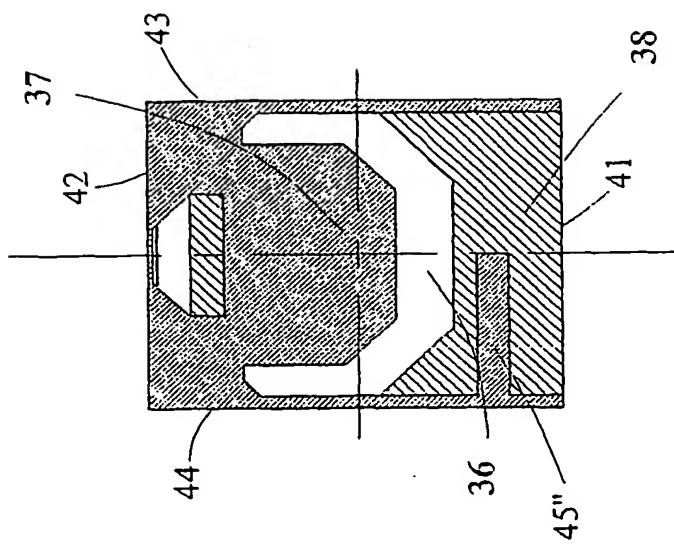
7/26

図 7

30C

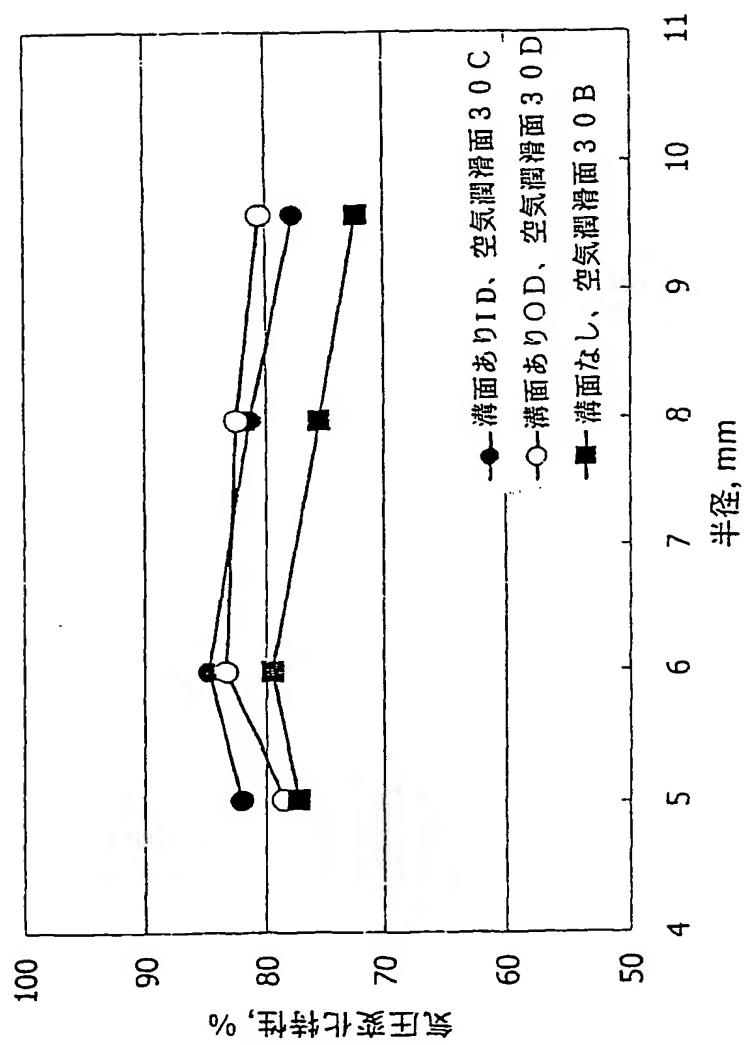
8/26

図 8

30D

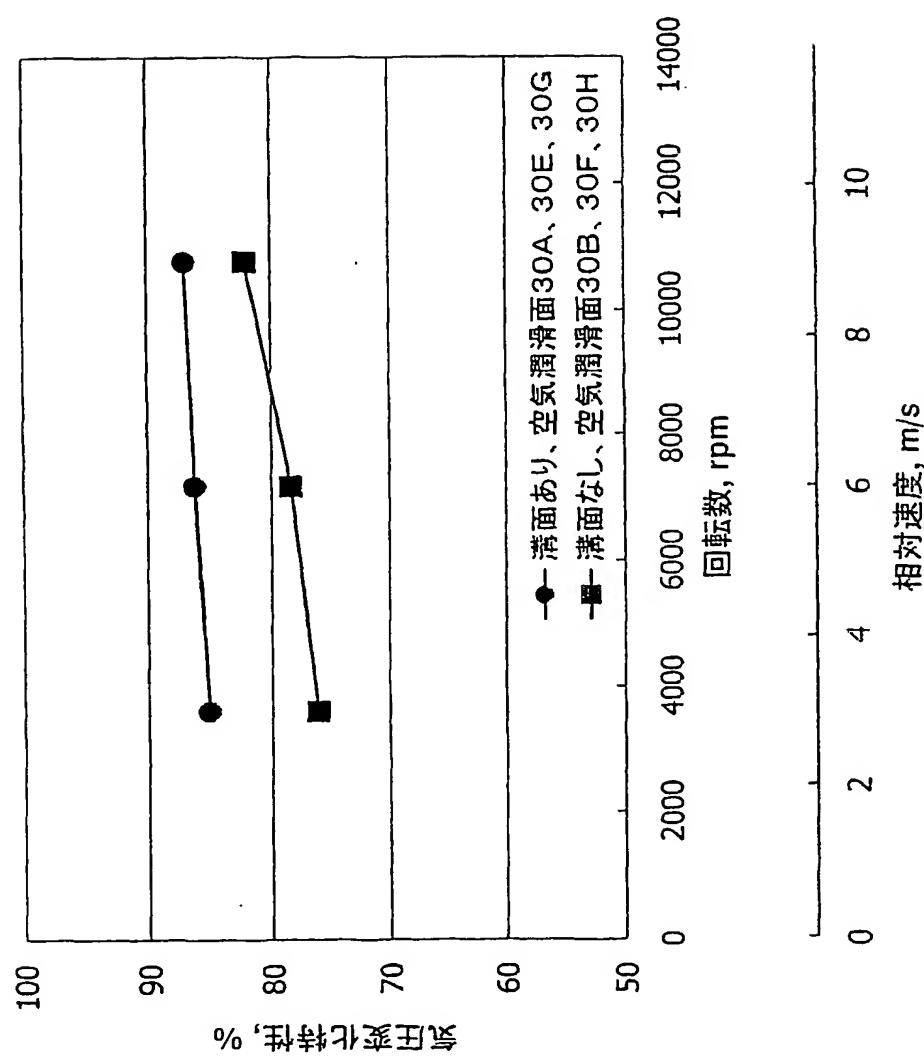
9/26

図 9



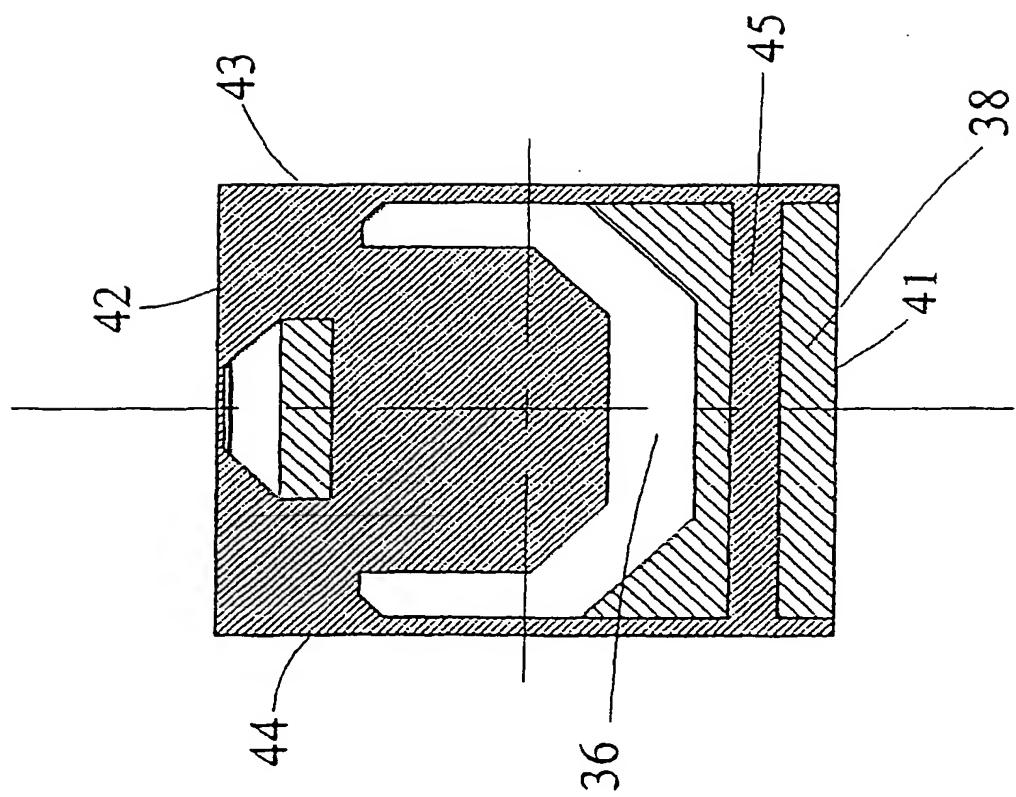
10/26

図10



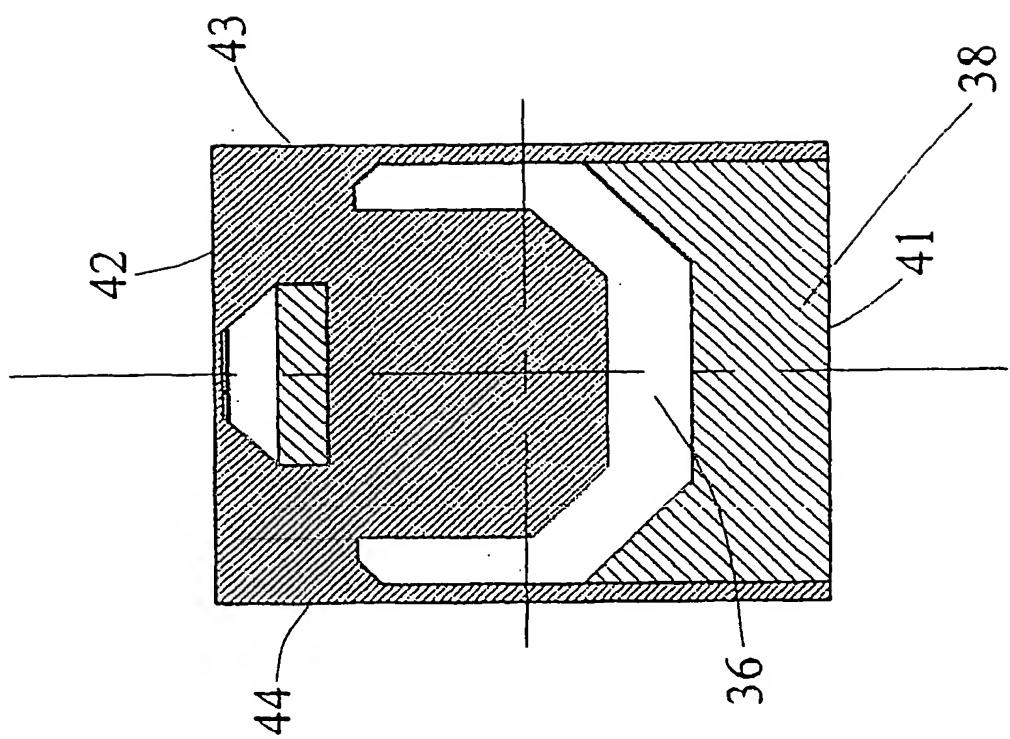
11/26

図11

30E

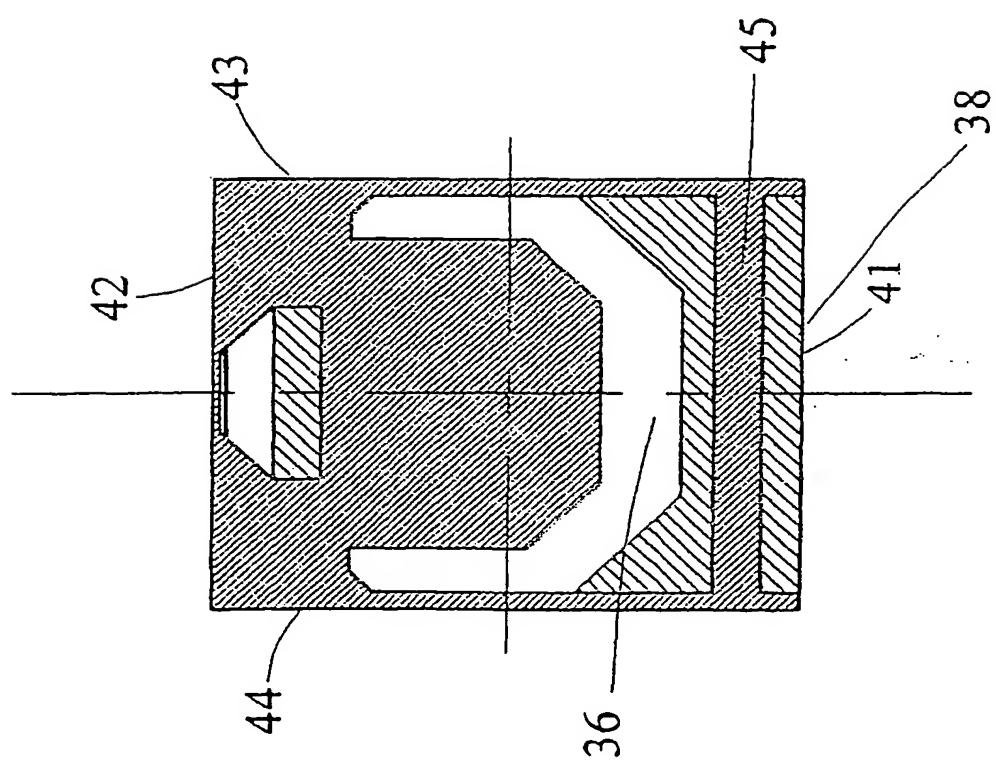
12/26

図12

30F

13/26

図13

30G

14/26

図14

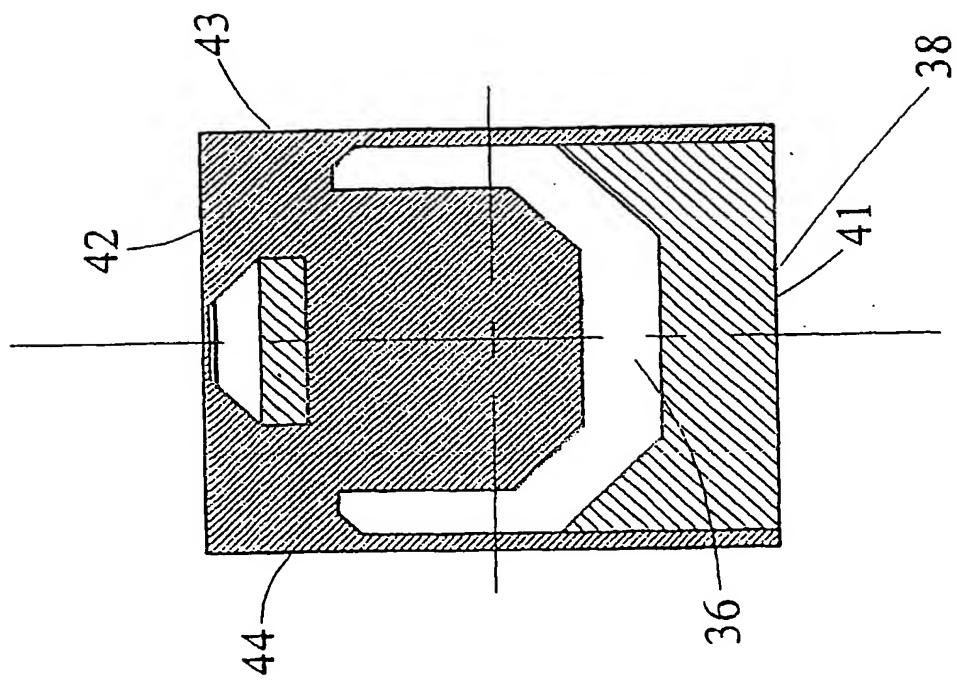
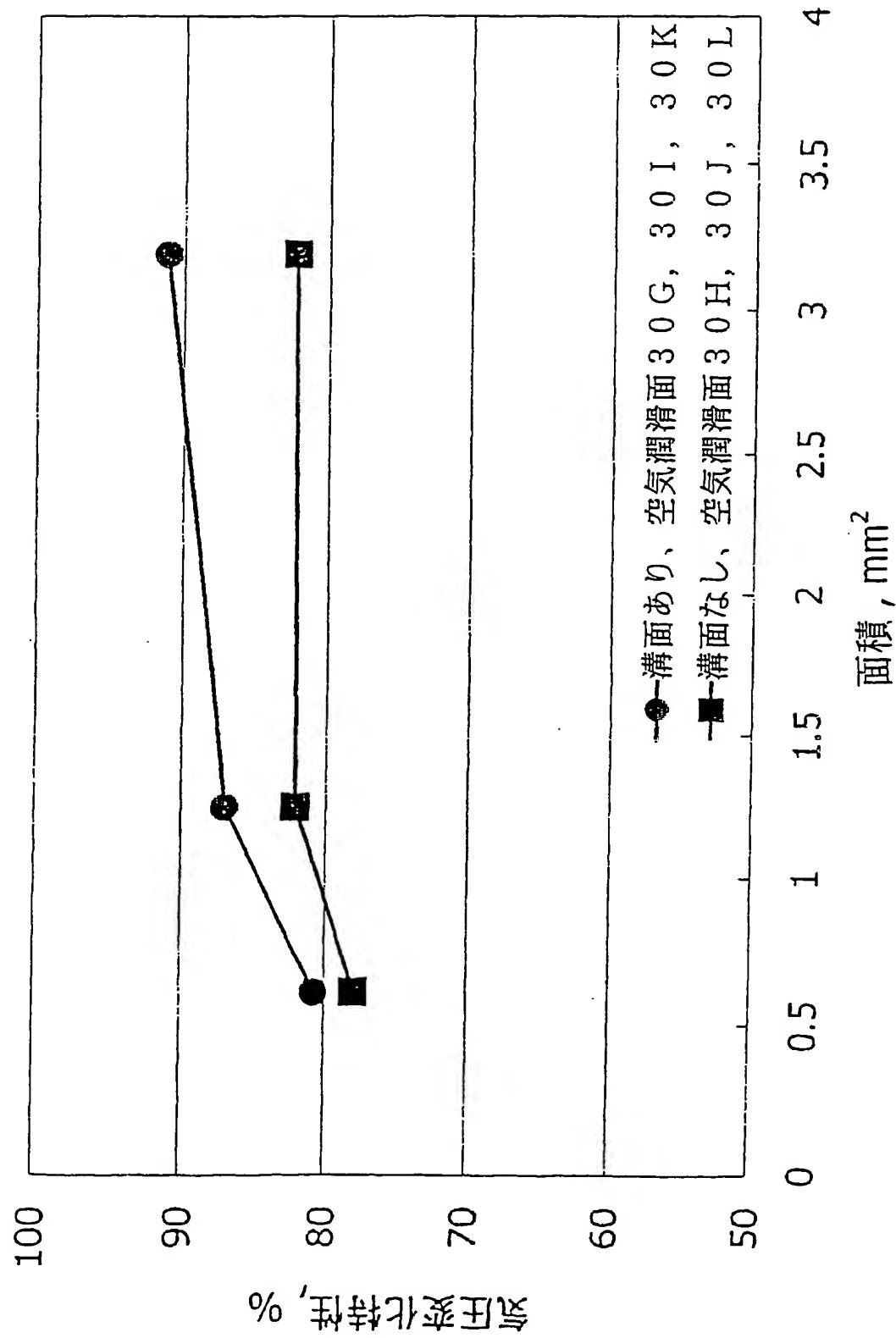
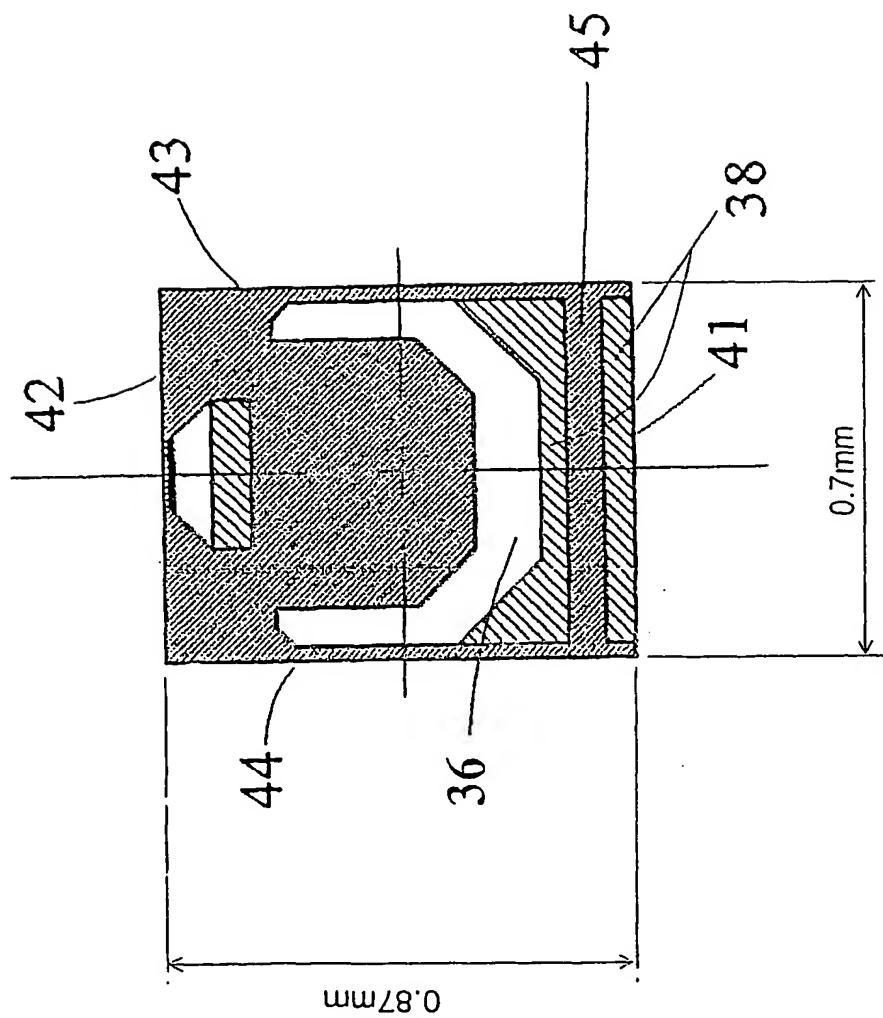
30H

図15



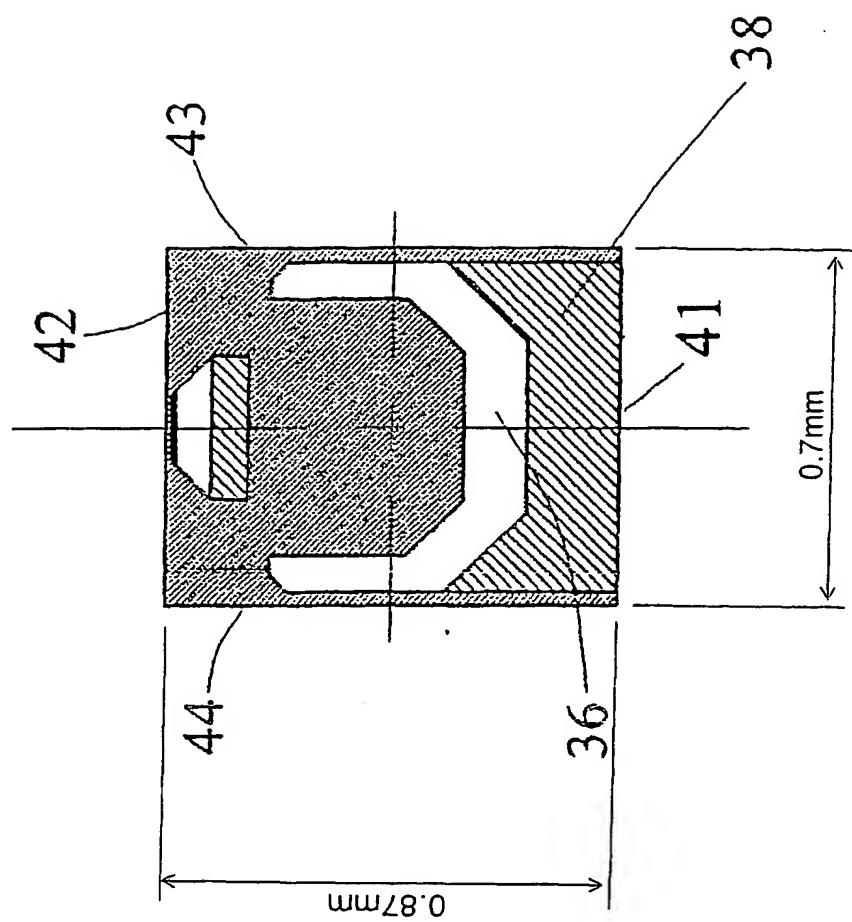
16/26

図16

301

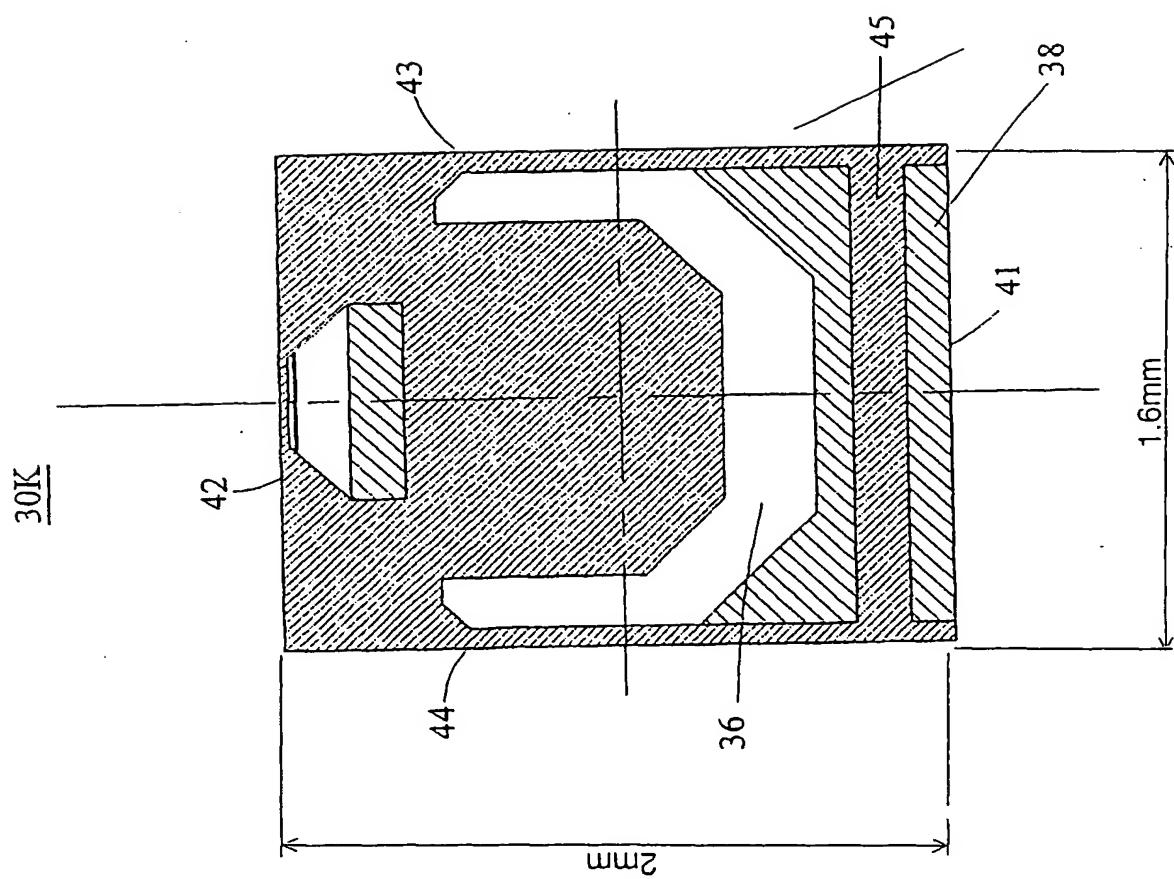
17/26

図17

30J

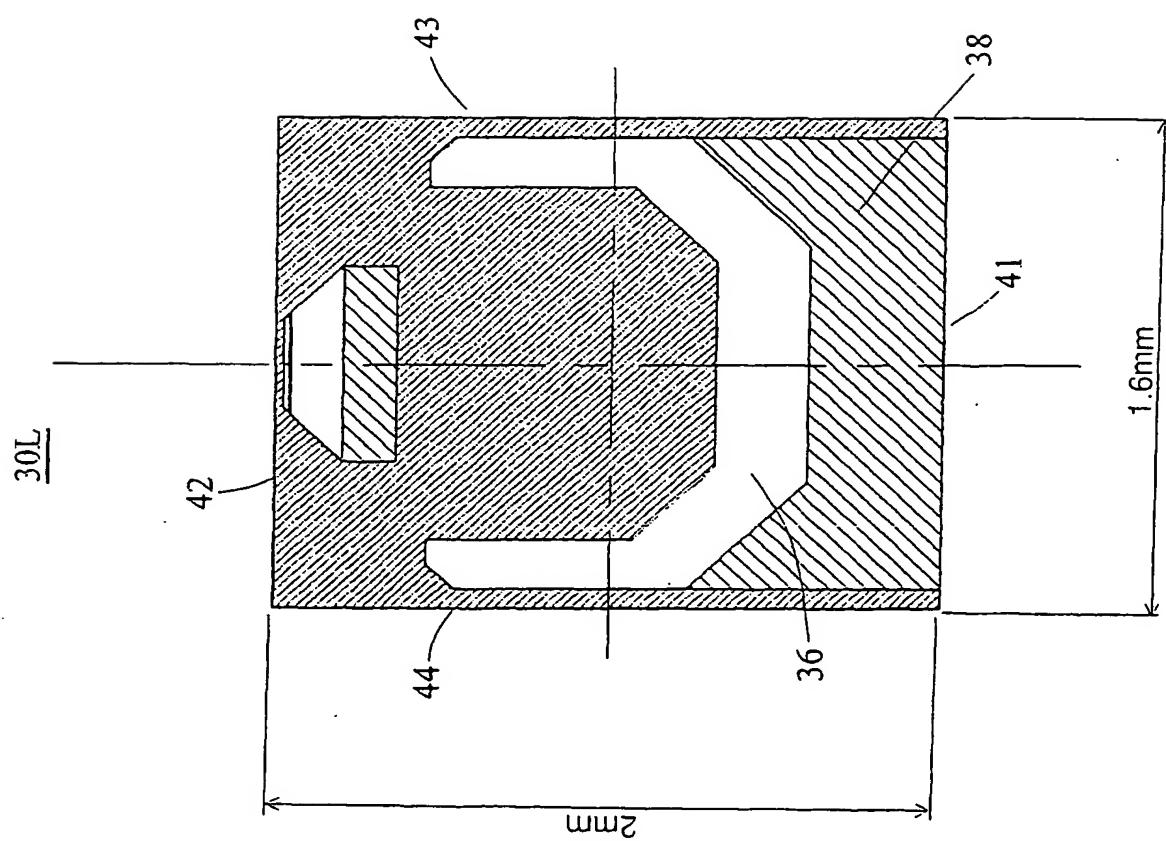
18/26

図18



19/26

図19



20/26

図20

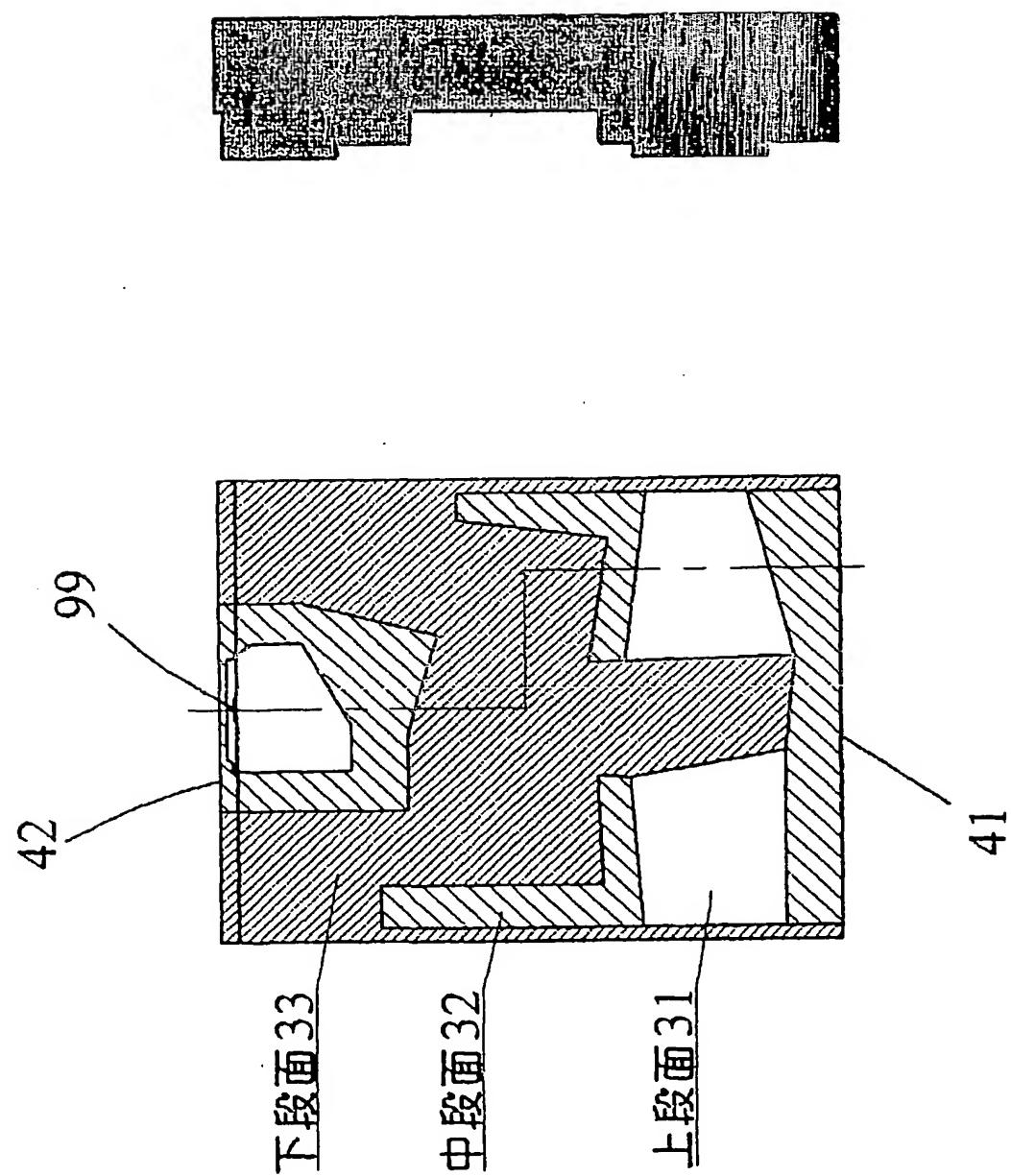
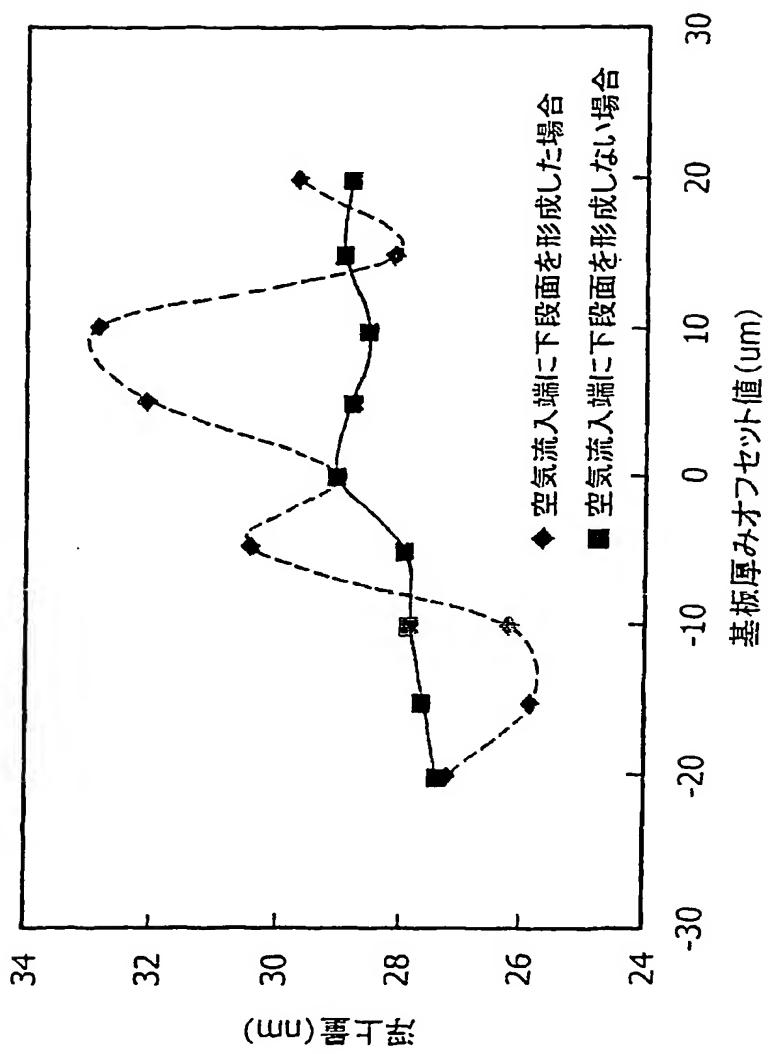
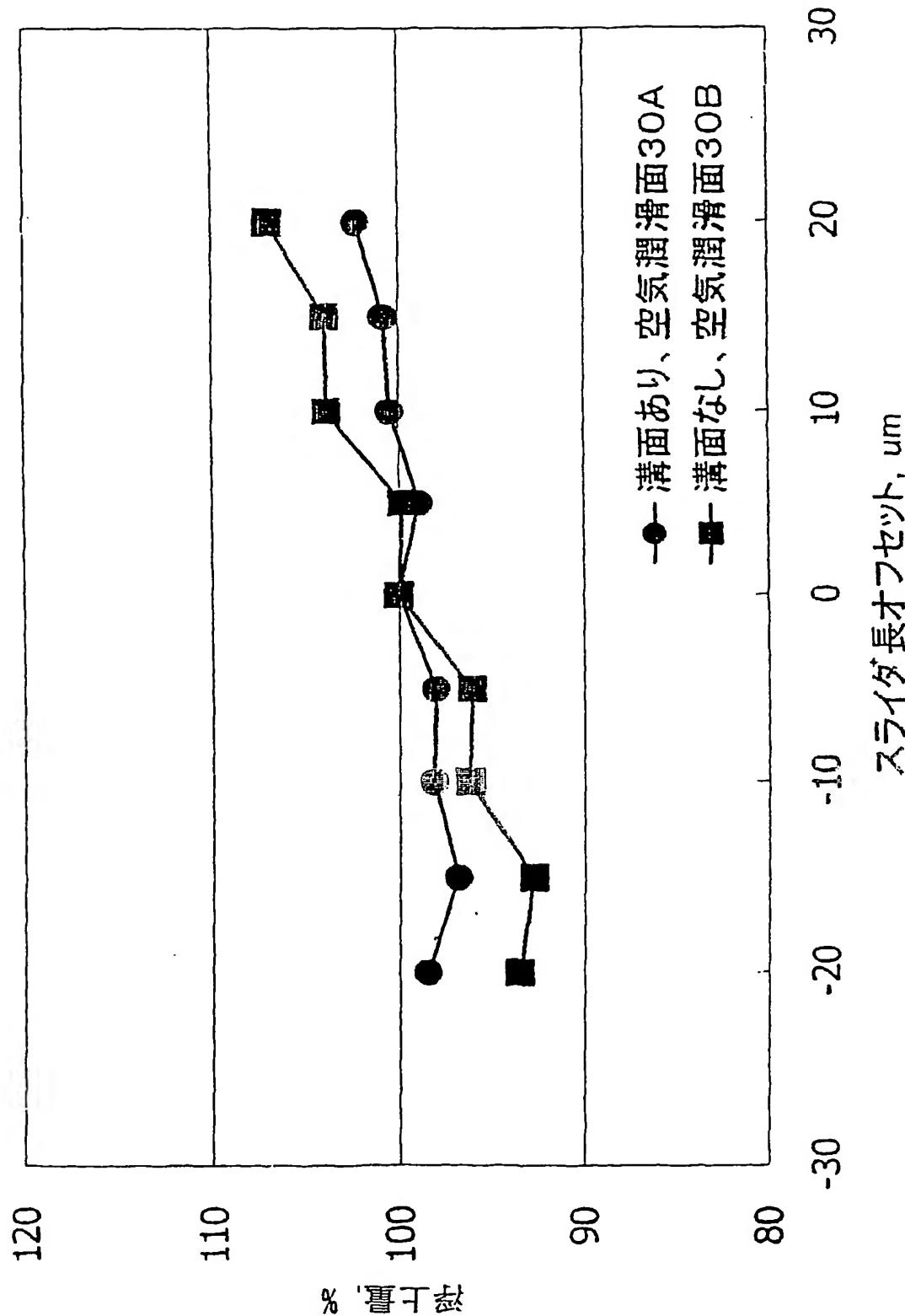
30

図21



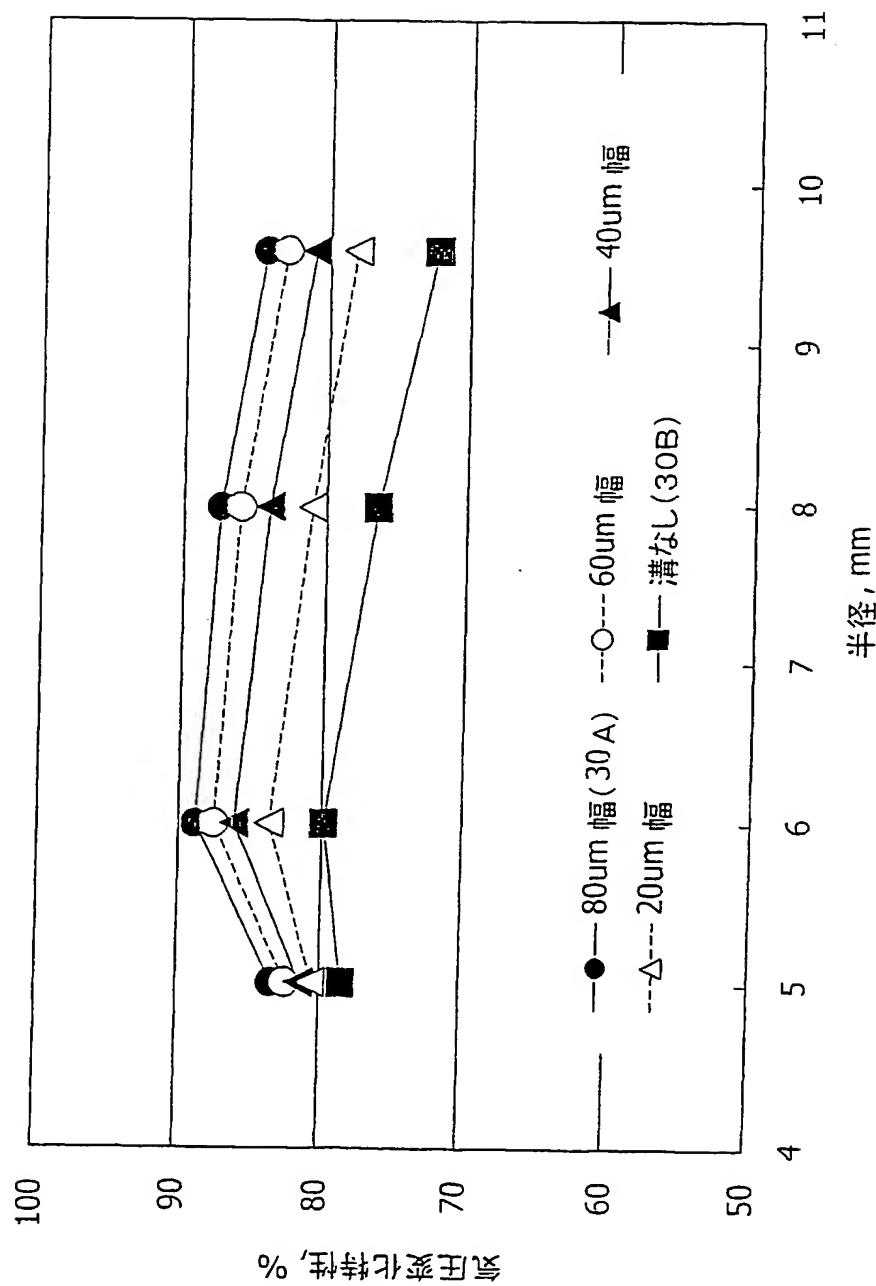
22/26

図22



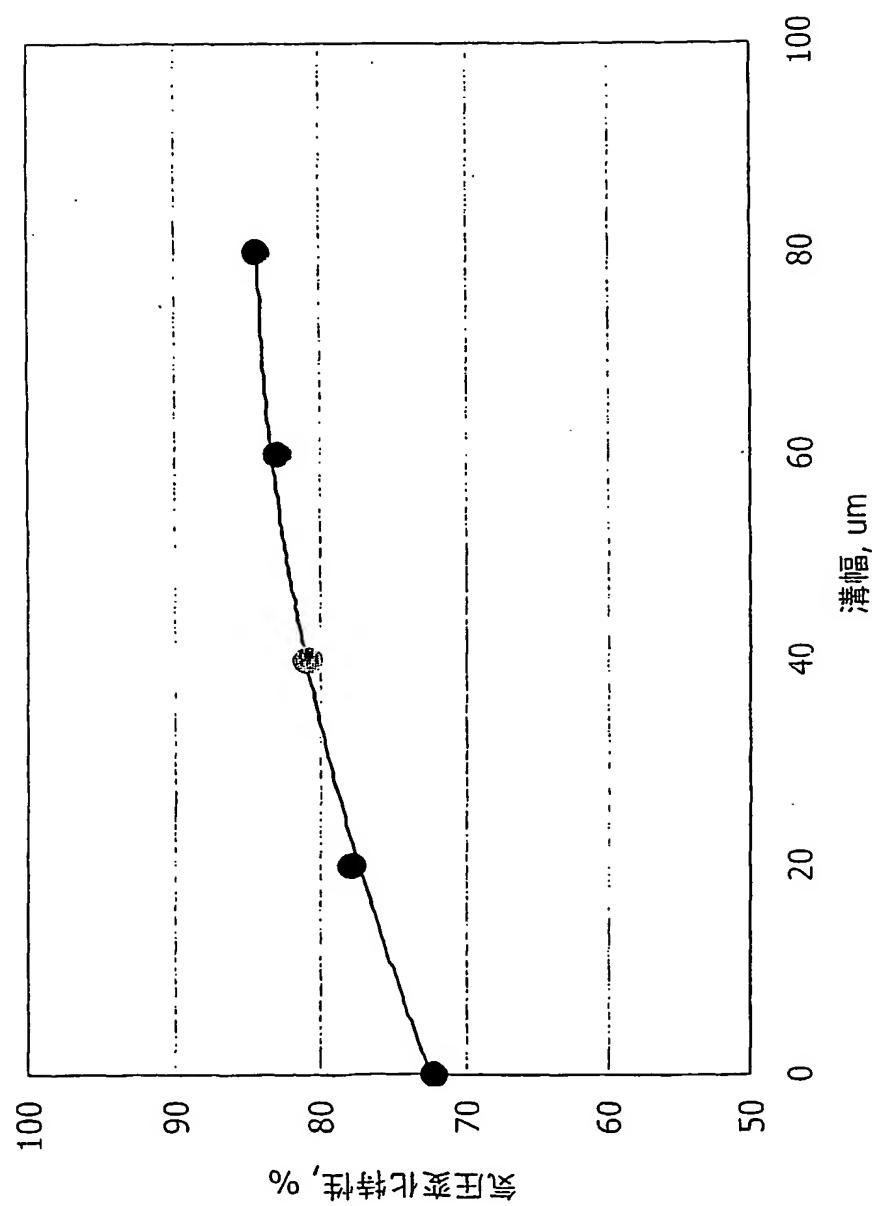
23/26

図23



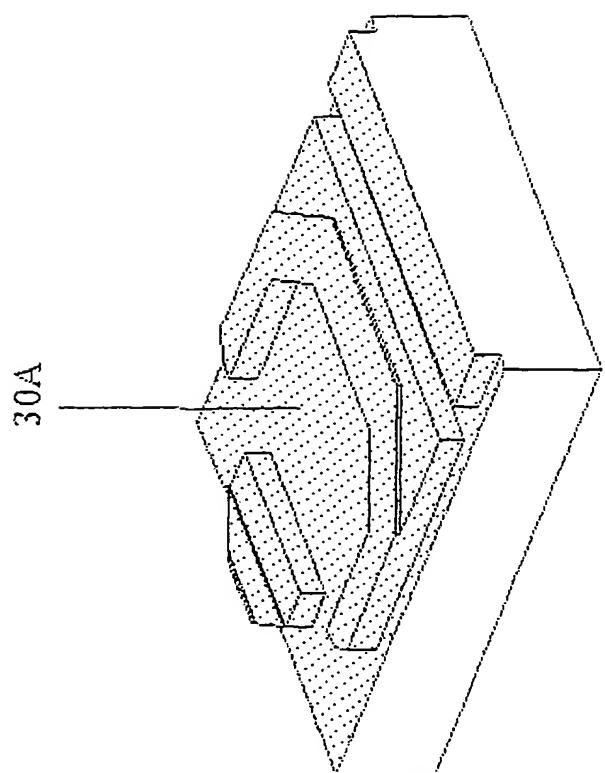
24/26

図24



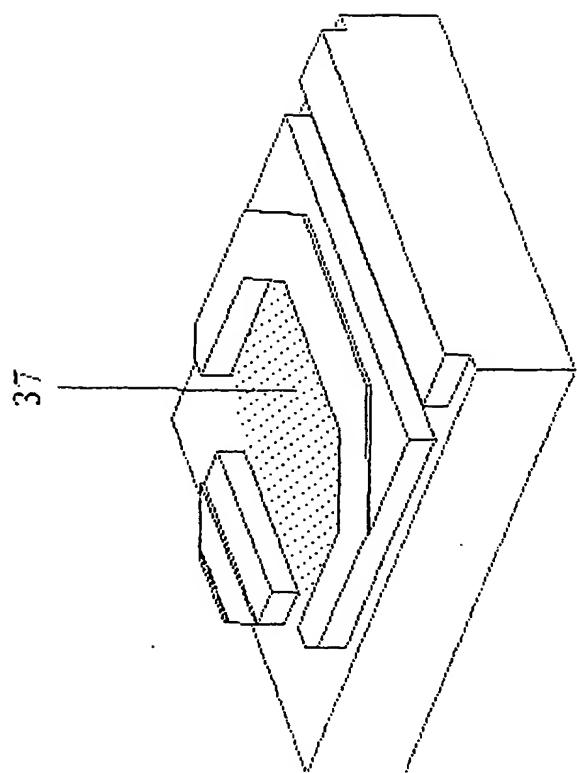
25/26

図25



26/26

図26



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/010792

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl' G11B5/60, G11B21/21

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl' G11B5/60, G11B21/21

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2000/00977 A1 (Sony Corp.), 06 January, 2000 (06.01.00), Full text (Family: none)	1-15
A	JP 6-333354 A (Hitachi, Ltd.), 02 December, 1994 (02.12.94), Full text & US 5430591 A	1-15

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
02 November, 2004 (02.11.04)Date of mailing of the international search report  
22 November, 2004 (22.11.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' G11B 5/60  
G11B 21/21

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' G11B 5/60  
G11B 21/21

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
日本国実用新案登録公報 1996-2004年  
日本国登録実用新案公報 1994-2004年

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	WO 2000/00977 A1 (ソニー株式会社) 2000. 01. 06、全文 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 6-333354 A (株式会社日立製作所) 1994. 12. 02、全文 & US 5430591 A	1-15

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
 「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
 「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
 「&」同一パテントファミリー文献

## 国際調査を完了した日

02. 11. 2004

## 国際調査報告の発送日

## 国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

鈴木 重幸

5Q 9653

電話番号 03-3581-1101 内線 3590